

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-161145

(43)Date of publication of application : 19.06.1998

---

(51)Int.Cl. G02F 1/1343  
C09K 19/02  
G02F 1/13  
G02F 1/136

---

(21)Application number : 09-240085 (71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 04.09.1997 (72)Inventor : SHIMOSHIKIRIYOU  
BUNICHI  
KANZAKI SHUICHI  
MIYAJI KOICHI

---

(30)Priority

Priority number : 08264926 Priority date : 04.10.1996 Priority country : JP

---

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND LIQUID CRYSTAL  
MOLECULES

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display device which may be improved in a numerical aperturemay be enhanced in contrast and is driven by transverse electric fields.

SOLUTION: Liquid crystal molecules 305 are perpendicularly oriented by

orientation control films 302302b subjected to perpendicular orientation. The directors of the liquid crystal molecules 305 are perpendicularly oriented to the surfaces of substrates 303a303b at the time of non-impression of voltages and therefore a liquid crystal layer does not exhibit refractive index anisotropy within the plane parallel with the substrate surfaces. On the other hand the transverse electric fields are impressed on the liquid crystal molecules to operate the liquid crystal molecules by a piezoelectric effect. The directors of the liquid crystal molecules 305 exhibit bend orientation when the transverse electric fields E are impressed thereon by electrodes 301a301b via a power source 306. The transmittance of light changes according to the magnitude of the transverse electric fields E.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] A liquid crystal display in which an electrode for transverse electric field generating which a n type nematic liquid crystal which emits spontaneous polarization by the piezo-electric effect was pinched and was connected to at least one substrate of a substrate of this couple at an external control means and in which a matrix drive is possible is provided between substrates of a couple with which both perpendicular orientation processings were performed.

[Claim 2] A liquid crystal element of a banana form with which two or more are combined or a cone form of a substantially rod-shaped molecule at least one indicates liquid crystallinity to be.

[Claim 3] A banana form which combines two or more of substantially rod-shaped molecules at least one indicates liquid crystallinity to be as a substituent of a ring compound so that a major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules may cross mutually or a liquid crystal element of a cone form.

[Claim 4] The liquid crystal element according to claim 3 in which said ring compound is a compound which has a dipole moment.

[Claim 5] A banana form which combines two or more of substantially rod-shaped molecules at least one indicates liquid crystallinity to be as a substituent of a nonlinear type compound so that a major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules may cross mutually or a liquid crystal element of a cone form.

[Claim 6] The liquid crystal element according to claim 5 in which said nonlinear type compound is a compound which has a dipole moment.

[Claim 7] A liquid crystal display in which said n type nematic liquid crystal consists of a liquid crystal element of any one description of the Claims 2-6.

[Claim 8] A n type nematic liquid crystal in which refractive-index ingredient  $n_x$  for all directions in an XYZ coordinate system and  $n_y$  differ from  $n_z$  between substrates of a couple with which both perpendicular orientation processings were performed is pinched. A liquid crystal display which was connected to at least one substrate of a substrate of this couple at an external control means and in which an electrode for transverse electric field generating in which a matrix drive is possible is provided.

[Claim 9] The liquid crystal display according to claim 8 in which said n type nematic liquid crystal consists of that from which refractive-index ingredient  $n_x$  for all directions in an XYZ coordinate system  $n_y$ ,  $n_z$  and dielectric constant ingredient  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$  and  $\epsilon_z$  differ.

[Claim 10] The liquid crystal display according to claim 8 in which said n type nematic liquid crystal consists of that out of which an ingredient within a field parallel to a substrate face of a dipole moment does not come zero.

[Claim 11] The liquid crystal display according to claim 1789 or 10 in which the active-matrix driving method for having used an active device for a means to make an electrode for said transverse electric field generating drive is used.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a liquid crystal display matrix drive type [ based on the new display mode using the n type nematic liquid crystal by which orientation was carried out vertically ].

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally the transverse electric field drive type thing is known as a liquid crystal display which displays by driving a liquid crystal. It is the composition of driving the nematic liquid crystal which carried out orientation almost horizontally to the substrates face as a this transverse electric field drive type liquid crystal display by a transverse electric field (JPH6-160878A).

[0003]

[Problem to be solved by the invention] In this conventional liquid crystal display it was problems that a numerical aperture is low and that the display of high contrast is difficult to get. Below the conventional liquid crystal display is explained and subsequently these problems are briefly explained to it.

[0004] In the conventional liquid crystal display as shown in drawing 13 (a) and (c) orientation of the liquid crystal element 205 is carried out in general in parallel with the surface of the substrate 203 without twisting between the upper and the lower substrate 203 and 203. The absorption axis 209 of the polarizing plate 206 stuck on either the upper and the lower substrates 203 and 203 is coincided in the direction 208 of the molecular axis of the liquid crystal element 205 and the absorption axis 209 of the polarizing plate 206 stuck on the substrate 203 of another side is made vertical to the direction 208 of a molecular axis.

Therefore since the optic axis of linear polarization and the optic axis of a liquid crystal element which penetrated the polarizing plate stuck on the lower substrate are in agreement the double reflex by a liquid crystal layer is not produced but without [ without it becomes elliptically polarized light and ] changing the optic axis the linear polarization from the lower part of a liquid crystal panel

reaches the polarizing plate stuck on the upper substrate and is intercepted. A liquid crystal panel is a thing in the state where there is no polarizing plate.

[0005] As shown in drawing 13 (b) and (d) when it makes the direction 208 of the molecular axis of the liquid crystal element 205 and a fixed angle and the electric field E are impressed in the direction 207 in general parallel to a substrate face on the other hand for [ of the liquid crystal element 205 ] permittivity anisotropy it rotates in a field parallel to a substrate face so that the minor axis of the liquid crystal element 205 may become vertical to line of electric force. As a result since the direction of the optic axis of linear polarization and the molecular axis of a liquid crystal element which passed the polarizing plate stuck on the lower substrate shift the light from the lower part of a liquid crystal panel is penetrated. An electrode and 204 are orientation controlling films 201 in drawing 13 and 202.

[0006] The thing with a numerical aperture low in the conventional liquid crystal display is because movement of a liquid crystal element originates in permittivity anisotropy. In the conventional liquid crystal display in order to make transmissivity into the maximum a liquid crystal element must be rotated 45 degrees. Therefore although required field intensity is called for with functions such as the permittivity anisotropy of a liquid crystal element and a size of an elastic constant it is about 1V/micrometer in a common liquid crystal material. When applying this to the present pixel size since the length of the shorter side of a pixel is about 80 micrometers between the two electrodes 201 and 202 which sandwich the shorter side of a pixel about [ 80V ] driver voltage is needed. However in the usual matrix drive system about [ 80V ] driver voltage is not practical. Therefore in the conventional liquid crystal display by providing a new electrode (not shown) in the pixel between the electrodes 201 and 202 in drawing 13 an electrode spacing is narrowed and driver voltage is reduced. So since the newly provided electrode section turns into a shaded part the numerical aperture is falling.

[0007] In the conventional liquid crystal display one difficult to get originates high contrast in structure of a liquid crystal display. It was a premise that a

transmission axis of a polarizing plate stuck on each of an upper substrate of a liquid crystal display and a lower substrate and an absorption axis and molecular axis of a liquid crystal element of intercept [ from the above-mentioned explanation / at the time of impressing no voltage / light ] correspond.

Temporarily if these are not in agreement since linear polarization which penetrated a polarizing plate stuck on a lower substrate turns into elliptically polarized light in response to a double reflex by a liquid crystal layer it will penetrate a polarizing plate stuck on an upper substrate. therefore in order to obtain a high contrast display it is necessary to coincide thoroughly a transmission axis and an absorption axis of a polarizing plate which a rubbing direction of an upper substrate and each lower substrate was coincided thoroughly and was stuck on it etc. an upper substrate and the lower substrates of each However since it is difficult to coincide these four thoroughly when actually producing a liquid crystal display there is a problem that a display of high contrast is difficult to get and also reduces productive efficiency.

[0008] This invention is made that SUBJECT of such conventional technology should be solved and is a thing.

The purpose is to provide a liquid crystal display which is made and can make contrast high and which is driven by a transverse electric field and a suitable liquid crystal element for the liquid crystal display.

[0009]

[Means for solving problem] Both the liquid crystal displays of this invention between the substrates of a couple with which perpendicular orientation processing was performed The electrode for transverse electric field generating which the n type nematic liquid crystal which emits the spontaneous polarization by the piezo-electric effect was pinched and was connected to at least one substrate of the substrate of this couple at the external control means and in which a matrix drive is possible is provided and the above-mentioned purpose is attained by that. The 1st principle of operation that mentions the operation in the

case of being based on this purpose achievement means later explains.

[0010]The liquid crystal element of this invention is a liquid crystal element of the banana form which combines two or more of the cone form of the substantially rod-shaped molecule at least one indicates liquid crystallinity to be and the above-mentioned purpose is attained by that.

[0011]The liquid crystal element of this invention is the banana form or the liquid crystal element of a cone form which combines two or more of the substantially rod-shaped molecules at least one indicates liquid crystallinity to be as a substituent of a ring compound so that the major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules may cross mutually and the above-mentioned purpose is attained by that.

[0012]It is preferred that said ring compound is a compound which has a dipole moment.

[0013]The liquid crystal element of this invention is the banana form or the liquid crystal element of a cone form which combines two or more of the substantially rod-shaped molecules at least one indicates liquid crystallinity to be as a substituent of a nonlinear type compound so that the major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules may cross mutually and the above-mentioned purpose is attained by that.

[0014]It is preferred that said nonlinear type compound is a compound which has a dipole moment.

[0015]Said n type nematic liquid crystal may consist of a liquid crystal element of this invention.

[0016]Both the liquid crystal displays of this invention between the substrates of a couple with which perpendicular orientation processing was performedThe n type nematic liquid crystal in which refractive-index ingredient  $n_x$  for all directions in an XYZ coordinate system and  $n_y$  differ from  $n_z$  is pinchedThe electrode for transverse electric field generating which was connected to at least one substrate of the substrate of this couple at the external control means and in which a matrix drive is possible is provided and the above-mentioned purpose is attained by that.

That from which refractive-index ingredient  $n_x$  for all directions in an XYZ coordinate system  $n_y n_z$  and dielectric constant ingredient  $\epsilon_x \epsilon_y$  and  $\epsilon_z$  differ can also be used for said n type nematic liquid crystal. It can replace with this and the ingredient within a field parallel to the substrate face of a dipole moment can use what consists of what is not 0 for said n type nematic liquid crystal. The 2nd principle of operation that mentions the operation in the case of being based on this purpose achievement means later explains.

[0017] In the liquid crystal display of this invention it can have composition using the active-matrix driving method for having used the active device for a means to make the electrode for said transverse electric field generating drive.

[0018] Below an operation of this invention is explained.

[0019] Since a n type nematic liquid crystal which emits spontaneous polarization by the piezo-electric effect is used for a liquid crystal material if it is in this invention it becomes possible to operate a liquid crystal by operation of a transverse electric field to spontaneous polarization.

[0020] With the piezo-electric effect a liquid crystal element with a permanent dipole for example a liquid crystal element with molecular shape near a cone (again foil rust type) or a banana form here. When it is made to take orientation which exists compulsorily an electric displacement arises in connection with it or when electric field are given conversely it says that orientation of a liquid crystal layer changes. For example in the case of a liquid crystal element near a cone (again foil rust type) it will be in the state where a liquid crystal element assembled and was suitable in the direction of the arrow 1105 as shown in drawing 3 (d) and spontaneous polarization will be generated. As shown in drawing 2 (c) in the case of a liquid crystal element near a banana form spontaneous polarization is generated in the direction of the arrow 405.

[0021] Therefore if a transverse electric field is made to act to the liquid crystal which carried out spontaneous polarization in this way a liquid crystal may be operated by this. For this reason the driver voltage for giving maximum transmittances can be reduced it becomes possible to eliminate the electrode in



the pixel needed conventionally and improvement in a numerical aperture can be aimed at.

[0022] The liquid crystal element of this invention is a banana form molecule or a cone molecule (again foil rust type molecule) and a such-shaped molecule can be compounded by combining two or more of substantially rod-shaped molecules for example. If at least one uses the substantially rod-shaped molecule which shows liquid crystallinity a banana form liquid crystal element or a cone liquid crystal element can be obtained. A banana form liquid crystal element and a cone liquid crystal element can be obtained also by combining two or more of the substantially rod-shaped molecules at least one indicates liquid crystallinity to be as a substituent of a ring compound or a nonlinear type compound so that the major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules of them may cross mutually. If what has a dipole moment is especially used as a ring compound or a nonlinear type compound the permanent dipole moment of the banana form molecule obtained or a cone molecule can be enlarged. The banana form liquid crystal element and cone liquid crystal element of this invention are suitable for using for the liquid crystal display of this invention.

[0023] If it is in this invention the orientation of the liquid crystal element at the time of impressing no voltage is changed into the vertical thing from the thing parallel to the conventional substrate face the necessity of coinciding the absorption axis of a polarizing plate and the absorption axis of a liquid crystal element is eliminated as the result and high contrast can be planned easily.

[0024] Such an operation can be obtained also by using the n type nematic liquid crystal in which refractive-index ingredient  $n_x$  for all directions in an XYZ coordinate system and  $n_y$  differ from  $n_z$ . That is if it gives a transverse electric field to a liquid crystal so that it may mention later in using such a n type nematic liquid crystal refractive index anisotropy will break out in XY side and refractive index anisotropy will change according to the size of a transverse electric field. If refractive-index ingredient  $n_x$  and  $n_y$  differ from  $n_z$  at this time generally dielectric constant ingredient  $\epsilon_x$  and  $\epsilon_y$  will differ also from  $\epsilon_z$  but. In

consideration of existence of the liquid crystal which is not so by this invention when you use the liquid crystal suppose that that from which refractive-index ingredient  $n_x, n_y, n_z$  and dielectric constant ingredient  $\epsilon_x, \epsilon_y$  and  $\epsilon_z$  differ is used.

[0025]

[Mode for carrying out the invention] First it explains per fundamental concept of this invention.

[0026] Drawing 1 is a figure showing the 1st principle of operation in a liquid crystal display of this invention. Drawing 1 (a) is a front view showing a state at the time of impressing no voltage in a liquid crystal display of this invention and drawing 1 (b) is the top view. Drawing 1 (c) is a front view showing a state at the time of voltage impressing in a liquid crystal display of this invention and drawing 1 (d) is the top view. An arrow in a figure of drawing 1 (c) and drawing 1 (d) shows spontaneous polarization of a liquid crystal layer. A state of direction and orientation of spontaneous polarization of a liquid crystal element shown in a figure is an example and changes with composition for example liquid crystal panel structure liquid crystal materials orientation controlling film material etc. of a liquid crystal display.

[0027] As shown in drawing 1 (a) and (b) in this invention perpendicular orientation of the liquid crystal element 305 is carried out with the orientation controlling films 302a and 302b. Perpendicular orientation may be carried out by the method except using an orientation controlling film. At the time of impressing no voltages since the director of the liquid crystal element 305 is doing orientation at right angles to the surface of the substrates 303a and 303b a liquid crystal layer does not show refractive index anisotropy in a field parallel to a substrate face. For this reason without [ without it becomes elliptically polarized light and ] changing that optic axis the linear polarization which penetrated the lower polarizing plate (not shown) stuck on the lower substrate 303a bottom reaches the upper polarizing plate (not shown) stuck on the upper substrate 303b upper part and is thoroughly intercepted with that upper polarizing plate.

[0028]Therefore orientation treatments such as rubbing for carrying out orientation of the liquid crystal element with fixed azimuth angles in parallel with a substrate face becomes unnecessary. For this reason there is no necessity of coinciding the necessity of coinciding the rubbing direction of an upper substrate and each lower substrate or a rubbing axis with the transmission axis of a polarizing plate and an absorption axis and the display of high contrast is given easily.

[0029]Next a state at the time of voltage impressing is explained based on drawing 1 (c) and (d).

[0030]Even if it impresses a transverse electric field to a liquid crystal element of a n type nematic liquid crystal which carried out perpendicular orientation as mentioned above when operation of the liquid crystal element 305 originates in permittivity anisotropy it is thought that a director of a liquid crystal element does not change at all as compared with voltage impressing or before but. In the case of this invention a liquid crystal element is operated by the piezo-electric effect or the FUREKUSO effect. Drawing 1 (c) and (d) showed the example of operation notionally.

[0031]Suppose that a director axis and an axis of spontaneous polarization are the same as an example of distribution of spontaneous polarization by drawing 1 (c) and (d). If the transverse electric field E is impressed by the electrodes 301a and 301b via the power supply 306 in such a state a director of the liquid crystal element 305 shows bend orientation as shown in a figure. If an angle of the direction 308 of the transverse electric field E and the direction 304 of an absorption axis of a polarizing plate (not shown) stuck so that an up-and-down board and each absorption axis might cross at right angles to accomplish is ideally made into 45 degrees except 0 times at this time linear polarization which penetrated a lower polarizing plate stuck on the lower substrate 303b receives a double reflex and turns into elliptically polarized light and the part passes an upper polarizing plate.

[0032]In this case what is necessary is for the value of retardance SHON of a liquid crystal layer just to be about 250 nm in order to obtain the greatest transmissivity

in the wavelength zone of visible light. That is the driver voltage in the liquid crystal display of this invention is voltage which sets the value of retarder SHON of a liquid crystal layer to 250 nm. For example in the panel gap 5 micrometer liquid crystal panel which has the structure which uses NBBA for a liquid crystal material and is shown in drawing 1 field intensity for the value of retarder SHON to be 250 nm was about 0.08V/micrometer in general.

[0033] Driver voltage when the length of the shorter side of stroke matter is about 80 micrometers will be about 6.4V and even when it uses a general matrix drive system the drive of it is attained from this only by the electrodes 301a and 301b of the lot provided in the both ends of the pixel. Therefore by conventional technology if it is in this invention since it becomes possible to eliminate the electrode in the required pixel a numerical aperture improves.

[0034] Below the manifestation of the spontaneous polarization in the liquid crystal display of this invention is explained using drawing 2. Here the case of the liquid crystal element of a banana form is mentioned as the example as a liquid crystal element. The case of the composition of having a polarizing plate which is made to carry out orientation of the liquid crystal material which has the liquid crystal element in vertical orientation films as a liquid crystal display and is driven by a transverse electric field is assumed.

[0035] Drawing 2 (a) is the mimetic diagram which observed each liquid crystal element of the liquid crystal material at the time of no electric-field impressing in the liquid crystal display of this invention. 403 in a figure and 404 are the substrates which performed perpendicular orientation processing and 402 is a permanent dipole moment.

[0036] Although each liquid crystal element 305 has turned to the direction in which the major axis direction of a molecule is in general constant when electric field are not impressed the direction of a minor axis has turned to various directions for the surrounding rotational degrees of freedom of a major axis. Therefore as the whole liquid crystal layers spontaneous polarization is not shown and refractive index anisotropy is not shown in a field parallel to the substrates

403 and 404.

[0037] On the other hand if a transverse electric field is impressed as shown in drawing 2 (b) electric field will act on the permanent dipole moment 402 and in direction of the permanent dipole moment 402 spontaneous polarization will occur in the direction of the arrow 405 in a macroscopic field according to the piezo-electric effect at the beginning of a set. Since the liquid crystal element is carrying out banana form in connection with it as shown in drawing 2 (c) the liquid crystal element 305 carries out orientation to the shape of Bend. As a result refractive index anisotropy will be presented by the whole liquid crystal layer.

[0038] When a form of a liquid crystal element is close to a cone (again foil rust type) spontaneous polarization is generated as shown in drawing 3. Here as shown in drawing 3 (a) a case where perpendicular orientation of the liquid crystal element 305 whose major axis direction and direction of a minor axis of the permanent dipole moment 1102 and the liquid crystal element 305 do not correspond in a liquid crystal element of a cone form is carried out is considered.

[0039] Since the major axis can be freely rotated as an axis to the liquid crystal element 305 inserted with the substrates 1103 and 1103 which performed perpendicular orientation processing when electric field are not impressed as shown in drawing 3 (b) spontaneous polarization does not occur. However when the transverse electric field 1104 as shown in drawing 3 (c) from the exterior is impressed the permanent dipole moment 1102 of each liquid crystal element 305 begins to be equal to a certain direction and it becomes bend orientation as eventually shown in drawing 3 (d). As a result spontaneous polarization as shown in drawing 3 (d) as the whole liquid crystal layer is presented and refractive index anisotropy is generated in a field parallel to a substrate face. When using a liquid crystal of a cone form like drawing 3 (a) four kinds of deformed states shown in drawing 3 (d) - (g) can be considered by a vertex of a cone form and any at the bottom touch a substrate face. It may be in a mixture state of these four kinds of modification.

[0040]From the above explanationan ingredient of the direction of a minor axis of a permanent dipole moment uses a liquid crystal material which is not zero in this invention.

[0041]In this inventiona molecule of a banana form and a conic (again foil rust type) molecule are compoundable by combining two or more of substantially rod-shaped moleculesand if what shows liquid crystallinity as shown in the following table 1 is used as at least one of thema liquid crystal element of a banana form or a cone form can be obtained. For exampleby carrying out an ester condensation reaction using the Schiff system compound which has a carboxyl group as shown in the following structural formula 1 as a substantially rod-shaped molecule which shows liquid crystallinity with a compound which has an alcohol group as shown in the following structural formula 2It is possible to obtain a liquid crystal element of a banana form as shown in the following structural formula 3. A cone molecule as shown in the following structural formula 10 can be obtained similarly.

[0042]

[Table 1]

[0043]

[Chemical formula 1]

[0044]

[Chemical formula 2]

[0045]The molecule of these banana forms and cones (again foil rust type) is compoundable also by making it join together as substituent  $R_1$  of a nonlinear type compound as shown in a ring compound as shows two or more of

substantially rod-shaped molecules in the following tables 2-4 or the following table 5 and R<sub>2</sub>. Here a substantially rod-shaped molecule is combined with the replacement positions that the major axis direction of at least two substantially rod-shaped molecules crosses mutually. Also in this case if what shows liquid crystallinity as shown in the above-mentioned table 1 is used as at least one of substantially rod-shaped molecules the liquid crystal element of a banana form or a cone form can be obtained. For example by carrying out an ester condensation reaction using the Schiff system compound which has the carboxyl group shown in the above-mentioned structural formula 1 as a substantially rod-shaped molecule which shows liquid crystallinity with the ring compound which has an alcohol group as shown in the following structural formula 5 it is possible by combining a substantially rod-shaped molecule similar to the above-mentioned structural formula 1 as a substituent of ethylene so that it is possible to obtain the liquid crystal element of a banana form as shown in the following structural formula 6 to obtain the liquid crystal element of a banana form as shown in the following structural formula 8. A cone molecule as shown in the structural formula 11 or the structural formula 12 can be obtained similarly.

[0046]

[Table 2]

[0047]

[Table 3]

[0048]

[Table 4]

[0049]

[Table 5]

[0050]

[Chemical formula 3]

[0051]

[Chemical formula 4]

[0052] Use the ring compound which has a substituent as especially shown in the above-mentioned table 3 and the ring compound which has a dipole moment like a heterocycle compound as shown in the above-mentioned table 4 or if the nonlinear type compound which has a dipole moment like ketone of the above-mentioned table 5 is used the permanent dipole moment of the banana form molecule obtained or a cone molecule can be enlarged. For example a cone molecule as shown in a banana form molecule as shown in the following structural formula 7 or the following structural formula 9 the following structural formula 13a or 13b is mentioned.

[0053]

[Chemical formula 5]

[0054]

[Chemical formula 6]

[0055] In the banana form molecule or the cone molecule the substantially rod-shaped basis which shows liquid crystallinity may be combined with the



substantially rod-shaped basising compound or nonlinear form compound which two or three or more of those do not show liquid crystallinity. As for a substantially rod-shaped molecule at least one shows liquid crystallinity and other things do not just show liquid crystallinity.

[0056] Next the liquid crystal display of this invention explains the Reason for the ability to aim at improvement in a high speed response.

[0057] In conventional technology when field intensity increases the permittivity anisotropy of a liquid crystal element and electric field couple directly and the liquid crystal element is moved but when field intensity decreases movement of a liquid crystal element originates only in the stability of the liquid crystal element which is an elastic body. Therefore the response at the time of decreasing as compared with the response at the time of field intensity increasing is remarkably slow and this is reducing the whole speed of response.

[0058] On the other hand since electric field and spontaneous polarization couple directly also when it is any in the case of decreasing when field intensity increases in this invention the speed of response at the time of field intensity decreasing and it at the time of electric field increasing become comparable and speed of response improves as a whole. Improvement in the speed of the speed of response from a voltage impressing state to a non-applying state is especially possible.

[0059] Next the 2nd principle of operation in the liquid crystal display of this invention is explained.

[0060] A liquid crystal element is rotated around a major axis by a transverse electric field and thereby the liquid crystal layer of a liquid crystal panel may be made to reveal refractive index anisotropy in this invention. In the XYZ coordinate system which set the Z-axis as the major axis direction of a molecule the liquid crystal material in which the dielectric constants of all XYZ(s) differ [ refractive index / of the direction of all XYZ(s) ] is used for this. This is explained based on drawing 4.

[0061] A figure when a transverse electric field is impressed to the liquid crystal

material of  $n_z > n_x, n_z > n_y$  and  $n_x = n_y$  as for drawing 4 (a) Drawing 4 (b)  
 $n_z > n_x, n_z > n_y, n_x \neq n_y$  and  $\epsilon_{nz} < \epsilon_{nx}$  A figure in case the transverse electric field is not impressed with the liquid crystal material of  $\epsilon_{nz} < \epsilon_{ny}$  and  $\epsilon_{nx} \neq \epsilon_{ny}$  and drawing 4 (c) are figures when a transverse electric field is impressed with the liquid crystal material of  $n_z > n_x, n_z > n_y, n_x \neq n_y$  and  $\epsilon_{nz} < \epsilon_{nx}, \epsilon_{nz} < \epsilon_{ny}$  and  $\epsilon_{nx} \neq \epsilon_{ny}$ .

[0062] As shown in drawing 4 (a) since XY ingredient of a refractive index is equal the usual n type nematic liquid crystal does not present refractive index anisotropy irrespective of the existence of a transverse electric field in a field parallel to a substrate i.e. a xy plane. On the other hand since the liquid crystal material in which the dielectric constants of all XYZ(s) differ [ refractive index / of the direction of all XYZ(s) as shown in drawing 4 (b) and (c) ] in the case of this invention is used as shown in drawing 4 (c) a transverse electric field acts on the permittivity anisotropy within XY side and a liquid crystal element rotates the Z-axis as an axis. However like [ in the case of drawing 4 (b) ] when not impressing a transverse electric field refractive index anisotropy is not generated.

[0063] Therefore if a refractive index of the direction of all XYZ(s) uses a liquid crystal material in which dielectric constants of all XYZ(s) differ in addition and gives a transverse electric field to this liquid crystal material in connection with it refractive index anisotropy can break out in XY side and transmissivity of light can be changed with the whole liquid crystal display according to a size of a transverse electric field. In this case since there is little quantity of motion of a liquid crystal element as compared with operational mode such as TN a high speed response is possible. Drawing 5 is structural drawing showing an example of a liquid crystal material used in this invention which refractive index anisotropy generates in XY side in connection with it when a transverse electric field is given. Drawing 5 (a) and (b) is  $n_z > n_x, n_z > n_y$  and a liquid crystal material that fulfills conditions of  $n_x \neq n_y$ . [ both ]

[0064] A liquid crystal material in which X ingredient of a permanent dipole moment Y ingredient or XY car ingredient is not zero and X ingredient of a

refractive index and Y ingredient differ from Z ingredient can be used as more liquid crystal material which makes the second principle of operation possible. In this case a transverse electric field acts on a permanent dipole moment and a liquid crystal element rotates the Z-axis as an axis and generates refractive index anisotropy in XY side.

[0065] Next it is possible to use the above-mentioned electrooptics characteristic for the display of arbitrary Still Picture Sub-Division and an animation in the liquid crystal display of this invention. The Reason is explained below.

[0066] The liquid crystal display of the same composition as this invention i.e. composition of having had the n type nematic liquid crystal + vertical-orientation-films + transverse electric field impression electrode + polarizing plate is known (USP3.687.515). However this technology is the technology limited to the segment display and there is a problem at the point which cannot carry out the high definition display of arbitrary still pictures or animations. With this technology if it puts in another way in order to set up two or more fields (pixel) which can change the transmissivity of light independently in one panel two or more electrodes which can be driven independently were provided and only the number of electrodes has provided the lead for introducing voltage into each electrode from the panel exterior. It is difficult to express a minute picture as such composition. It is because a lead increases only the number of the electrodes which had to increase the number of the electrodes which can be driven independently and increased in conventional technology in order to raise the definition of a picture so arrangement of the lead within a panel a contact button with the drive circuit of the panel exterior etc. increase.

[0067] On the other hand the matrix driving method is used in this invention. The matrix driving method is a system which drives two or more electrodes independently with leads fewer than the number. In this case it may connect with some electrodes via active devices such as a lead transistor. It may connect with an electrode via the gas layer which can change conductivity with methods such as discharge between leads.

[0068]In technology of USP3.687.515. Although reference was not made about a mechanism which reveals change of light transmittance which is the purpose but selection of n type nematic liquid crystal material used for panel structure is difficult and also problems such as high-tension-izing of driver voltage and a fall of speed of response were produced depending on material to be used. A n type nematic liquid crystal material specific in this invention, i.e. a liquid crystal material which may generate spontaneous polarization in the 1st principle of operation. [ whether a liquid crystal material which fulfills conditions of  $n_z > n_x$ ,  $n_z > n_y$  and  $n_x \neq n_y$  by the 2nd principle of operation is used and ] or a thing which fulfills conditions of  $\epsilon_z < \epsilon_x$ ,  $\epsilon_z < \epsilon_y$  and  $\epsilon_x \neq \epsilon_y$  in addition to this or a thing out of which an ingredient within a field parallel to a substrate face of a dipole moment (inside of xy side) does not come zero is used, therefore such a problem does not arise.

[0069]

[Working example]

(Embodiment 1) Drawing 6 is a schematic view (top view) showing a liquid crystal display concerning this invention.

Drawing 7 is a top view showing the one picture element part and a sectional view according to [ drawing 8 ] to an A-A' line of drawing 7.

[0070]As for this liquid crystal display, the n type nematic liquid crystal 510 is enclosed among the substrates 501 and 502 of a couple.

The liquid crystal material which consists of a liquid crystal element of a banana form [ liquid crystal / 510 ] or a liquid crystal element of a cone form is used.

[0071]The scanning line 503 which branches and has the gate electrode 503a in the liquid crystal 510 side of the lower substrate 502 is wired and the insulator layer 511 is formed on it. The semiconductor layer 512 is formed on the gate electrode 503a of this insulator layer 511, it dissociates on the semiconductor layer 512 and the source electrode 514 and the drain electrode 515 are formed.

The thin film transistor element 601 is constituted by the above.

[0072]The above-mentioned source electrode 514 is the portion which branched from the signal wire 504. One electrode 603 of the electrodes 603 and 604 of a couple is connected to the drain electrode 515. The electrode 604 of another side is formed on said insulator layer 511it is a portion which the two electrodes 603 and 604 counterand the pixel display part 605 which gives a transverse electric field to said liquid crystal 510and drives the liquid crystal 510 is constituted. The electrode 604 of another side is connected to the common line 505 formed on the insulator layer 511.

Said signal wire 504 is also formed on the insulator layer 511.

The insulator layer 516 is formed on the substrate of this stateand the orientation controlling film 517 is formed on that insulator layer 516. The polarizing plate 518 is formed in the opposite hand in the liquid crystal 510 of the substrate 502. With the active matrix substrate constituted in this waythe polarizing plate 521 is formed in the opposite hand in the liquid crystal 510 on both sides of the liquid crystal 510 at the substrate 501 of the opposite hand.

The liquid crystal 510 side is countered with said pixel display part 605the light filter 607 is formedand the flattening film 522 is formed on the light filter 607.

The orientation controlling film 523 is formed on this flattening film 522and orientation treatment which carries out perpendicular orientation is performed in the liquid crystal element of the liquid crystal 510 to this orientation controlling film 523 and said orientation controlling film 517.

[0073]The opposing part of the electrodes 603 and 604 of the couple from which said pixel display part 605 is constituted between both boards was formed in protuberance form voicecontacted the orientation controlling film 523 which the projection portions 603a and 604a provided in the substrate 520and has adhered. This projection portion has a function as a spacer for adjusting a cell gap. When the projection portions 603a and 604a of the electrodes 603 and 604 are formed so that both substrates may be reachedthe liquid crystal thickness portion which can be driven may be increased rather than the case where it is an electrode

without the case where it is lower than it or a projection portion. However an electrode without the case where it is lower than it or a projection portion may be used. In this case-izing of the manufacture cost can be carried out [ cheap ].

[0074] A video signal is given to the signal wire 504 of the liquid crystal display constituted in this way from the signal drive circuit 507 and a scanning signal is given to the scanning line 503 from the scan drive circuit 508. Common voltage is given to the common line 505 from the common voltage generation circuit 509.

[0075] The liquid crystal display of this example is produced by the conventional typical producing method and the matrix drive by the thin film transistor element 601 is possible. The diagonal line of the pixel display part 605 which has the light filter 607 is 12 inches the pixel display part 605 comprises 640x400x3 pixels and a cell gap is 5 micrometers. The projection portions 603a and 604a of the electrodes 603 and 604 of the couple which constitutes the pixel display part 605 As shown in drawing 9 the length along a substrate face is set to 300 micrometers the width both has become [ both ] 10 micrometers and the distance between the neighborhoods of the outside with both the projection portions 603a and 604a has become about 100 micrometers. As a picture element pitch it is about 136 micrometers.

[0076] Drawing 10 is a figure showing a result of having impressed the same voltage to all the pixel display parts of a liquid crystal display and having measured a voltage transmissivity characteristic when the liquid crystal MBBA of a banana form liquid crystal element which is a typical n type nematic liquid crystal material was used in the liquid crystal 510.

[0077] The liquid crystal display of this example was able to make transmissivity high enough also on low voltage so that it might be understood from this drawing 10.

[0078] Next when the signal drive circuit 507 the scan drive circuit 508 and the common voltage generation circuit 509 were connected to this liquid crystal display and a still picture and an animation were displayed on it as a typical drive circuit for liquid crystal display elements it became possible to display a high

picture of contrast.

[0079](Embodiment 2) It was made to join together using the Schiff system compound which has a carboxyl group shown in the following structural formula 1 as a substantially rod-shaped molecule which has liquid crystallinity by a compound and an ester condensation reaction which have an alcohol group shown in the following structural formula 2. It was a banana form as stable structure shows in the following structural formula 3 in the case of  $n = 3$  in the structural formula 2 and was approximately linear as stable structure shows in the following structural formula 4 in the case of  $n = 2$ .

[0080]

[Chemical formula 7]

[0081]When the same liquid crystal display as Embodiment 1 was produced using the banana form molecule of the above-mentioned structural formula 3 since transmissivity was made high enough also on low voltage the numerical aperture could be improved and the high picture of contrast was acquired in a still picture and animation display. On the other hand such an effect was not acquired when the approximately linear compound of the above-mentioned structural formula 4 was used.

[0082](Embodiment 3) The Schiff system compound which has a carboxyl group shown in the following structural formula 1 is used as a substantially rod-shaped molecule which has liquid crystallinity. By making it combine with the benzene ring shown in the following structural formula 5 by the dihydroxybenzene and the ester condensation reaction which are the compounds which have two alcohol groups the molecule of the banana form as shown in the following structural formula 6 was obtained.

[0083]

[Chemical formula 8]

[0084]When the same liquid crystal display as Embodiment 1 was produced using the banana form molecule of the above-mentioned structural formula 6 the numerical aperture was improved and the high picture of contrast was acquired. The same effect was acquired even if it used the ring compound as shown in the above-mentioned table 2 instead of the dihydroxybenzene shown in the above-mentioned structural formula 5.

[0085](Embodiment 4) By using the benzene ring by which fluoride substitution was carried out instead of the dihydroxybenzene shown in the above-mentioned structural formula 5 the molecule of the banana form as shown in the following structural formula 7 was obtained.

[0086]

[Chemical formula 9]

[0087]In the molecule of the above-mentioned structural formula 7 it had a big permanent dipole moment compared with the molecule of the above-mentioned structural formula 6. The Reason is explained below using drawing 11 and drawing 12.

[0088]Drawing 11 (a) is a figure showing an outline of molecular shape of the above-mentioned structural formula 6 and a dipole moment of each cylindrical molecule and drawing 11 (b) is a figure showing a permanent dipole moment which total of the dipole moment i.e. a liquid crystal element of the structural formula 6 has. Drawing 12 (a) is a figure showing an outline of molecular shape of the above-mentioned structural formula 7 and a dipole moment of each cylindrical molecule and drawing 12 (b) is a figure showing a permanent dipole moment which a liquid crystal element of the structural formula 7 has.

[0089]A liquid crystal element of the structural formula 7 introduces a fluorinated substituent into the benzene ring of a liquid crystal element of the structural formula 6. Is [ whether there is any dipole moment which originates in a center



section of the banana form molecule at a fluorinated substituent ] there a difference between drawing 11 and drawing 12 as for nothing? As for total of a dipole moment which a liquid crystal element of the structural formula 6 and the structural formula 7 has i.e. a permanent dipole moment of a liquid crystal element a direction of the structural formula 7 becomes large so that clearly from drawing 11 and drawing 12.

[0090] Thus a place which produced the same liquid crystal display as Embodiment 1 using a banana form molecule of the above-mentioned structural formula 7 with a large permanent dipole moment compared with the above-mentioned structural formula 6 Improvement in the speed of speed of response could be attained rather than a case where a banana type molecule of the above-mentioned structural formula 6 is used and since transmissivity was made high enough also on low voltage a numerical aperture could be improved and moreover a picture of high contrast was able to be acquired. Thereby it becomes easy to carry out a design of a drive circuit and power consumption was able to be made small.

[0091] An effect of increasing a permanent dipole moment similarly even if it uses a ring compound as shown in a ring compound which has a substituent as shown in the above-mentioned table 3 instead of and the above-mentioned table 4 is acquired [ benzene by which fluoride substitution was carried out ] High-numerical-aperture-izing of a liquid crystal display high-contrast-izing and reduction of driver voltage and improvement in the speed of speed of response were able to be attained.

[0092] (Embodiment 5) It was made to join together via ethylene using a substantially rod-shaped molecule similar to the above-mentioned structural formula 1 as a substantially rod-shaped molecule which has liquid crystallinity. When it compounded so that two rod-like molecules may become cis- structure to ethylene a molecule of a banana form as shown in the following structural formula 8 was obtained and when it compounded so that two rod-like molecules may become a trans configuration to ethylene an approximately linear molecule

was obtained.

[0093]

[Chemical formula 10]

[0094]When the same liquid crystal display as Embodiment 1 was produced using the banana form molecule of the above-mentioned structural formula 8 since transmissivity was made high enough also on low voltage the numerical aperture could be improved and the high picture of contrast was acquired in a still picture and animation display. On the other hand such an effect was not acquired when an approximately linear compound was used.

[0095]Even if it used the ether group as shown in the above-mentioned table 5 instead of ethylene high-numerical-aperture-izing and high-contrast-izing of the liquid crystal display were able to be attained similarly.

[0096](Embodiment 6) The molecule of the banana form as shown in the following structural formula 9 was obtained by using a ketone group as shown in the above-mentioned table 5 instead of ethylene.

[0097]

[Chemical formula 11]

[0098]In the molecule of the above-mentioned structural formula 9 it has a big permanent dipole moment compared with the molecule of the above-mentioned structural formula 8. When the same liquid crystal display as Embodiment 1 is produced using this banana form molecule can attain improvement in the speed of speed of response rather than the case where the banana type molecule of the above-mentioned structural formula 8 is used. Since transmissivity was made high enough also on low voltage the numerical aperture could be improved and moreover the picture of high contrast was able to be acquired.

[0099]

[Effect of the Invention]As explained in full detail abovewhen being based on this inventionit became possible to provide the liquid crystal display which can improve a numerical aperture and can make contrast high and which is driven by a transverse electric field.

[0100]When based on this inventionat least one combines two or more of the substantially rod-shaped molecules which show liquid crystallinityOr when at least one combined two or more of the substantially rod-shaped molecules which show liquid crystallinity as a substituent of a ring compound or a nonlinear compoundthe banana form liquid crystal element or the cone liquid crystal element (wedge shape liquid crystal element) was able to be obtained.

Thereforethe banana form liquid crystal element or cone liquid crystal element suitable for the liquid crystal display of this invention which has sufficient permanent dipole moment was able to be obtained.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]It is a figure explaining the first principle of operation in the liquid crystal display of this invention.

[Drawing 2]In this inventionit is a figure explaining the manifestation of the spontaneous polarization in the liquid crystal element of a banana form.

[Drawing 3]In this inventionit is a figure explaining the manifestation of the spontaneous polarization in the liquid crystal element of a cone form.

[Drawing 4]In this inventionit is a figure for explaining a desirable liquid crystal material to rotating a liquid crystal element around a major axis by a transverse electric fieldand making the liquid crystal layer of a liquid crystal panel reveal refractive index anisotropy by this.

[Drawing 5]It is a figure showing the structure of a suitable thing to use for the liquid crystal material of this invention.

[Drawing 6] It is a schematic view of the liquid crystal display of the embodiment of this invention.

[Drawing 7] It is a top view showing one picture element part in the liquid crystal display of drawing 6.

[Drawing 8] It is a sectional view by the A-A' line of drawing 7.

[Drawing 9] It is a figure explaining the size of the electrode section of the couple in the liquid crystal display of drawing 6.

[Drawing 10] It is a figure showing the result of having impressed the same voltage to all the pixel display parts of a liquid crystal display and having measured the voltage transmissivity characteristic when MBBA which is a typical n type nematic liquid crystal material was used in the liquid crystal of the liquid crystal display of drawing 6.

[Drawing 11] It is a figure showing a dipole moment about the banana form molecule of the structural formula 6.

[Drawing 12] It is a figure showing a dipole moment about the banana form molecule of the structural formula 7.

[Drawing 13] It is a figure showing the composition of the liquid crystal display of conventional technology.

[Explanations of letters or numerals]

301a and 301b Electrode

302a and 302b Orientation controlling film

303a and 303b Substrate

304 The direction of the absorption axis of a polarizing plate

305 Liquid crystal element

306 A power supply

308 The direction of a transverse electric field

402 A permanent dipole moment

403 and 404 A substrate

405 The direction of spontaneous polarization

501 and 502 A substrate

503a A gate electrode  
503 A scanning line  
510 A n type nematic liquid crystal  
511 An insulator layer  
512 A semiconductor layer  
514 A source electrode  
515 A drain electrode  
504 A signal wire  
505 A common line  
507 A signal drive circuit  
508 A scan drive circuit  
509 A common voltage generation circuit  
516 An insulator layer  
517 An orientation controlling film  
518 A polarizing plate  
521 A polarizing plate  
522 A flattening film  
523 An orientation controlling film  
601 A thin film transistor element  
603 and 604 An electrode  
603a and 604a A projection portion  
605 A pixel display part  
607 A light filter  
1102 A permanent dipole moment  
1103 A substrate  
1104 A transverse electric field

---

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-161145

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月19日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1343

G 0 2 F 1/1343

C 0 9 K 19/02

C 0 9 K 19/02

G 0 2 F 1/13

5 0 0

G 0 2 F 1/13

5 0 0

1/136

5 0 0

1/136

5 0 0

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平9-240085

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月4日

(31) 優先権主張番号 特願平8-264926

(32) 優先日 平8(1996)10月4日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 下敷領 文一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 神崎 修一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 宮地 弘一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

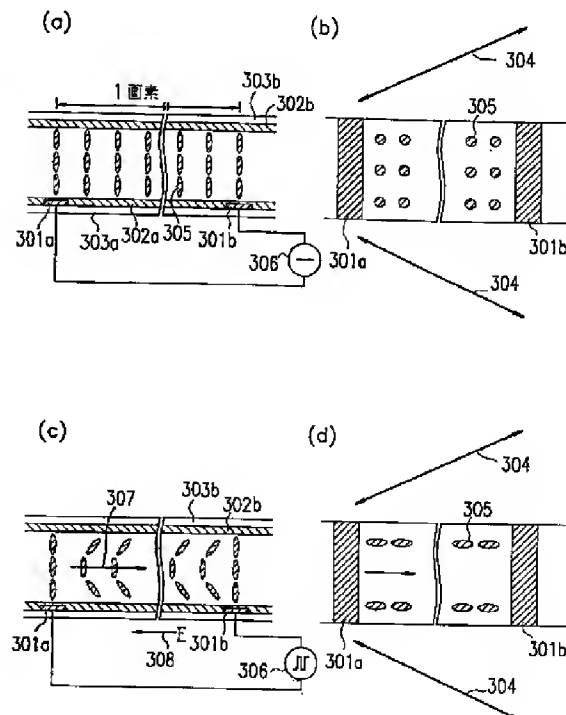
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置および液晶分子

(57) 【要約】

【課題】 開口率を向上でき、かつ、コントラストを高くすることができる、横電界により駆動される液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 液晶分子305を垂直配向された配向制御膜302a、302bにて垂直配向させる。電圧無印加時、液晶分子305のダイレクターは基板303a、303bの表面に垂直に配向しているため、液晶層は基板表面に平行な面内で屈折率異方性を示さない。一方、液晶分子に横電界を印加し、液晶分子を圧電効果によって動作させている。電源306を介して電極301a、301bにより横電界Eが印加されれば、液晶分子305のダイレクターはベンド配向を示す。そして、横電界Eの大きさに応じて光の透過率が変化する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 共に垂直配向処理が施された一対の基板の間に、圧電効果による自発分極を発するn型ネマティック液晶が挟持され、該一対の基板の少なくとも一方の基板に、外部の制御手段に接続された、マトリックス駆動可能な横電界発生用の電極が設けられている液晶表示装置。

【請求項2】 少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子。

【請求項3】 少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を、環状化合物の置換基として、少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するように結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子。

【請求項4】 前記環状化合物が、双極子モーメントを有する化合物である請求項3に記載の液晶分子。

【請求項5】 少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を、非直線型化合物の置換基として、少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するように結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子。

【請求項6】 前記非直線型化合物が、双極子モーメントを有する化合物である請求項5に記載の液晶分子。

【請求項7】 前記n型ネマティック液晶が、請求項2乃至6のいずれか一つに記載の液晶分子からなる液晶表示装置。

【請求項8】 共に垂直配向処理が施された一対の基板の間に、XYZ座標系における各方向の屈折率成分 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ の異なるn型ネマティック液晶が挟持され、該一対の基板の少なくとも一方の基板に、外部の制御手段に接続された、マトリックス駆動可能な横電界発生用の電極が設けられている液晶表示装置。

【請求項9】 前記n型ネマティック液晶が、XYZ座標系における各方向の屈折率成分 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ 及び誘電率成分 $\epsilon_x$ 、 $\epsilon_y$ 、 $\epsilon_z$ の異なるものからなる請求項8に記載の液晶表示装置。

【請求項10】 前記n型ネマティック液晶が、双極子モーメントの基板表面に平行な面内の成分が0でないものからなる請求項8に記載の液晶表示装置。

【請求項11】 前記横電界発生用の電極を駆動させる手段に、能動素子を用いたアクティブマトリックス駆動法が用いられる請求項1、7、8、9または10に記載の液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、垂直に配向されたn型ネマティック液晶を用いた新規な表示モードに基づくマトリックス駆動型の液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、液晶を駆動して表示を行う液晶表示装置として、横電界駆動型のものが知られている。こ

の横電界駆動型の液晶表示装置としては、基板面に対してほぼ水平に配向したネマティック液晶を横電界によって駆動する構成である（特開平6-160878号）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 この従来の液晶表示装置においては、開口率が低いこと、高コントラストの表示が得難いことが問題であった。以下に、従来の液晶表示装置について説明し、次いでこれらの問題点について簡単に説明する。

【0004】 従来の液晶表示装置では、図13(a)および(c)に示すように、液晶分子205は上・下基板203、203間にツイストすることなく、かつ基板203の表面に概ね平行に配向させておく。さらに、上・下基板203、203のいずれかに貼り付けた偏光板206の吸収軸209を液晶分子205の分子軸の方向208に一致させ、他方の基板203に貼り付ける偏光板206の吸収軸209を分子軸の方向208と垂直にする。従って、下基板に貼り付けた偏光板を透過した直線偏光の光軸と液晶分子の光軸とが一致するため、液晶層による複屈折は生じず、液晶パネルの下方からの直線偏光は楕円偏光となることなく、また、その光軸を変化させることなく、上基板に貼り付けた偏光板に到達し遮断される。なお、液晶パネルは、偏光板の無い状態のものである。

【0005】 一方、図13(b)および(d)に示すように、液晶分子205の分子軸の方向208と一定の角度をなし、かつ基板表面に概ね平行な方向207に電界Eを印加した場合、液晶分子205の誘電率異方性のために、液晶分子205の短軸が電気力線に垂直になるように基板表面と平行な面内で回転する。その結果、下基板に貼り付けた偏光板を通過した直線偏光の光軸と液晶分子の分子軸の方向とがずれるため、液晶パネルの下からの光を透過する。なお、図13中の201、202は電極、204は配向制御膜である。

【0006】 従来の液晶表示装置に於いて開口率が低いのは、液晶分子の運動が誘電率異方性に起因しているからである。従来の液晶表示装置では、透過率を最大にするためには液晶分子を45度回転させなければならない。そのために必要な電界強度は、液晶分子の誘電率異方性や弾性定数の大きさ等の関数で求められるが、一般的な液晶材料では $1\text{ V}/\mu\text{m}$ 程度である。これを現状の画素サイズに適用する場合、画素の短辺の長さが $80\mu\text{m}$ 程度であるから、画素の短辺を挟む2つの電極201、202間には80V程度の駆動電圧が必要となる。しかしながら、通常のマトリックス駆動系に於いて80V程度の駆動電圧は実用的ではない。そのために、従来の液晶表示装置では、図13における電極201、202間の画素内に新たな電極（図示せず）を設けることで、電極間隔を狭めて駆動電圧を低減している。それ故に、新たに設けた電極部分が遮光部分となるため開口率

が低下している。

【0007】従来の液晶表示装置に於いて、高コントラストを得難いのは、液晶表示装置の構造に起因している。前述の説明から、電圧無印加時に光を遮断するのは、液晶表示装置の上基板及び下基板の各々に貼り付けた偏光板の透過軸及び吸収軸と液晶分子の分子軸とが一致していることが前提であった。仮に、これらが一致していなければ、下基板に貼り付けた偏光板を透過した直線偏光は、液晶層で複屈折を受けて楕円偏光となるため、上基板に貼り付けた偏光板を透過してしまう。故に、高コントラスト表示を得るためには、上基板および下基板各々のラビング方向を完全に一致させ、かつ、それ等と上基板および下基板各々に貼り付けた偏光板の透過軸及び吸収軸とを完全に一致させる必要がある。しかし、実際に液晶表示装置を作製する上で、これら四つを完全に一致させるのが困難なため、高コントラストの表示が得難く、また、生産効率も低下させるという問題がある。

【0008】本発明は、このような従来技術の課題を解決すべくなされたものであり、開口率を向上でき、かつ、コントラストを高くすることができる、横電界により駆動される液晶表示装置およびその液晶表示装置に好適な液晶分子を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、共に垂直配向処理が施された一対の基板の間に、圧電効果による自発分極を発生するn型ネマティック液晶が挟持され、該一対の基板の少なくとも一方の基板に、外部の制御手段に接続された、マトリックス駆動可能な横電界発生用の電極が設けられ、そのことにより上記目的が達成される。この目的達成手段による場合の動作を、後述する第1の動作原理で説明する。

【0010】本発明の液晶分子は、少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子であり、そのことにより上記目的が達成される。

【0011】本発明の液晶分子は、少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を、環状化合物の置換基として、少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するように結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子であり、そのことにより上記目的が達成される。

【0012】前記環状化合物が、双極子モーメントを有する化合物であるのが好ましい。

【0013】本発明の液晶分子は、少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を、非直線型化合物の置換基として、少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するように結合してなるバナナ形または円錐形の液晶分子であり、そのことにより上記目的が達成される。

【0014】前記非直線型化合物が、双極子モーメントを有する化合物であるのが好ましい。

【0015】前記n型ネマティック液晶が、本発明の液晶分子からなっているもよい。

【0016】本発明の液晶表示装置は、共に垂直配向処理が施された一対の基板の間に、XYZ座標系における各方向の屈折率成分 $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$ の異なるn型ネマティック液晶が挟持され、該一対の基板の少なくとも一方の基板に、外部の制御手段に接続された、マトリックス駆動可能な横電界発生用の電極が設けられ、そのことにより上記目的が達成される。なお、前記n型ネマティック液晶に、XYZ座標系における各方向の屈折率成分 $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$ 及び誘電率成分 $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ ,  $\epsilon_z$ の異なるものを使用することもできる。これに代えて、前記n型ネマティック液晶に、双極子モーメントの基板表面に平行な面内の成分が0でないものからなるものを使用することができる。この目的達成手段による場合の動作を、後述する第2の動作原理で説明する。

【0017】本発明の液晶表示装置において、前記横電界発生用の電極を駆動させる手段に、能動素子を用いたアクティブマトリックス駆動法を用いる構成とすることができる。

【0018】以下に、本発明の作用について説明する。

【0019】本発明にあつては、液晶材料に、圧電効果による自発分極を発生するn型ネマティック液晶を用いるので、自発分極に対する横電界の作用によって液晶を動作させることが可能となる。

【0020】ここで、圧電効果とは、永久双極子をもつ液晶分子、たとえば分子形状が円錐形（又はくさび形）やバナナ形に近い液晶分子が、強制的にある配向をとらせた場合に、それに伴って電気変位が生じる、または、その逆に電界が付与されたとき液晶層の配向が変化することを言う。たとえば、円錐形（又はくさび形）に近い液晶分子の場合には、図3（d）に示すように矢印1105の方向に液晶分子が揃って向いた状態となり自発分極を発生する。バナナ形に近い液晶分子の場合には、図2（c）に示すように矢印405の方向に自発分極を発生する。

【0021】したがって、このように自発分極した液晶に対して横電界を作用させると、これによって液晶を動作させ得る。このため、最大透過率を与えるための駆動電圧を低減することができ、従来必要とした画素内の電極を排除することが可能となり、開口率の向上を図れる。

【0022】本発明の液晶分子は、バナナ形分子または円錐形分子（またはくさび形分子）であり、このような形状の分子は、例えば、略棒状分子の2つ以上を結合することにより合成可能である。また、少なくとも1つが液晶性を示す略棒状分子を用いれば、バナナ形液晶分子または円錐形液晶分子を得ることができる。また、少な



くとも1つが液晶性を示す略棒状分子の2つ以上を、環状化合物や非直線型化合物の置換基として、そのうちの少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するように結合することによっても、バナナ形液晶分子や円錐形液晶分子を得ることができる。特に、環状化合物や非直線型化合物として双極子モーメントを有するものを用いると、得られるバナナ形分子や円錐形分子の永久双極子モーメントを大きくすることができる。この本発明のバナナ形液晶分子や円錐形液晶分子は、本発明の液晶表示装置に用いるのに適している。

【0023】また、本発明にあつては、電圧無印加時の液晶分子の配向を、従来の基板表面に平行なものから垂直なものへと変更しており、その結果として、偏光板の吸収軸と液晶分子の吸収軸とを一致させる必要性が排除され、高コントラストが容易に図れる。

【0024】このような作用は、XYZ座標系における各方向の屈折率成分 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ の異なるn型ネマティック液晶を用いることによっても、得ることができる。つまり、このようなn型ネマティック液晶を用いる場合には、後述するように横電界を液晶に付与すると、XY面内に屈折率異方性が発生し、横電界の大きさに応じて屈折率異方性が変化する。このとき、屈折率成分 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ が異なれば、一般に誘電率成分 $\epsilon_x$ 、 $\epsilon_y$ 、 $\epsilon_z$ も異なることとなる筈であるが、そうでない液晶の存在を考慮して、本発明ではその液晶を用いる場合は屈折率成分 $n_x$ 、 $n_y$ 、 $n_z$ および誘電率成分 $\epsilon_x$ 、 $\epsilon_y$ 、 $\epsilon_z$ の異なるものを使用することとする。

【0025】

【発明の実施の形態】まず、本発明の基本概念につき説明する。

【0026】図1は、本発明の液晶表示装置における第1の動作原理を示す図である。図1(a)は本発明の液晶表示装置における電圧無印加時の状態を示す正面図であり、図1(b)はその平面図である。また、図1

(c)は本発明の液晶表示装置における電圧印加時の状態を示す正面図であり、図1(d)はその平面図である。なお、図1(c)および図1(d)の図中の矢印は液晶層の自発分極を示している。図に示した液晶分子の自発分極の向き及び配向の状態は一例であり、液晶表示装置の構成、例えば液晶パネル構造、液晶材料、および配向制御膜材料等によって変化する。

【0027】図1(a)および(b)に示すように、本発明では液晶分子305を配向制御膜302a、302bにて垂直配向させている。配向制御膜を用いる以外の方法で垂直配向させてもよい。電圧無印加時、液晶分子305のダイレクターは基板303a、303bの表面に垂直に配向しているため、液晶層は基板表面に平行な面内で屈折率異方性を示さない。このため、下基板303aの下側に貼り付けた下偏光板(図示せず)を透過した直線偏光は、楕円偏光となることなく、また、その光

軸を変化させることなく、上基板303bの上側に貼り付けた上偏光板(図示せず)に到達し、その上偏光板によって完全に遮断される。

【0028】従って、液晶分子を基板表面に平行に、かつ一定の方位角度で配向させるためのラビング等の配向処理が不用となる。このため、上基板および下基板各々のラビング方向を一致させる必要性、またはラビング軸と偏光板の透過軸および吸収軸とを一致させる必要性が無く、容易に高コントラストの表示が与えられる。

【0029】次に、電圧印加時の状態について、図1(c)および(d)に基づいて説明する。

【0030】上述のように垂直配向したn型ネマティック液晶の液晶分子に横電界を印加しても、液晶分子305の動作が誘電率異方性に起因している場合には、液晶分子のダイレクターは電圧印加以前に比して何ら変化しないと考えられるが、本発明の場合には液晶分子を圧電効果、あるいはフレクソ効果によって動作させている。その動作例を概念的に示したのが、図1(c)および(d)である。

【0031】図1(c)および(d)では、自発分極の分布の一例として、ダイレクター軸と自発分極の軸とは同一であるとする。このような状態で、電源306を介して電極301a、301bにより横電界Eが印加されれば、液晶分子305のダイレクターは、図のようなバンド配向を示す。このとき、横電界Eの方向308と、上下基板にそれぞれの吸収軸が直交するように貼り付けた偏光板(図示せず)の吸収軸の方向304との成す角度を0度以外、理想的には45度にすれば、下基板303bに貼り付けた下偏光板を透過した直線偏光は複屈折を受け楕円偏光となり、その一部が上偏光板を通過する。

【0032】この場合、可視光の波長領域で最大の透過率を得るためには、液晶層のリターデーションの値を250nm程度にすれば良い。即ち、本発明の液晶表示装置における駆動電圧とは、液晶層のリターデーションの値を250nmにする電圧である。たとえば、液晶材料にNBBAを用い、図1に示す構造を有するパネルギャップ5 $\mu$ mの液晶パネルにおいて、リターデーションの値を250nmとするための電界強度は、概ね0.08V/ $\mu$ m程度であった。

【0033】このことから、一画素の短辺の長さを80 $\mu$ m程度とした場合の駆動電圧は6.4V程度となり、一般的なマトリックス駆動系を用いた場合でも画素の両端に設けた一組の電極301a、301bのみで駆動可能となる。従って、本発明にあつては、従来技術では必要であった画素内の電極を排除することが可能となるため、開口率が向上する。

【0034】以下に、本発明の液晶表示装置に於ける自発分極の発現について図2を用いて説明する。なお、ここでは、液晶分子としてバナナ形の液晶分子の場合を例

に挙げている。また、液晶表示装置としては、その液晶分子を有する液晶材料を垂直配向膜にて配向させ、横電界で駆動する、偏光板を有する構成の場合を想定している。

【0035】図2(a)は、本発明の液晶表示装置において、電界無印加時の液晶材料の個々の液晶分子に注目した模式図である。図中の403、404は垂直配向処理を施した基板であり、402は永久双極子モーメントである。

【0036】電界が印加されていないとき、個々の液晶分子305は分子の長軸方向は概ね一定の方向を向いているものの、短軸方向は長軸のまわりの回転自由度のために様々な方向を向いている。そのため、液晶層全体としては、自発分極を示さず、また基板403、404に平行な面内に於いても屈折率異方性を示さない。

【0037】これに対して、図2(b)に示すように、横電界が印加されれば、永久双極子モーメント402に電界が作用して永久双極子モーメント402の向きが揃い始め、圧電効果により巨視的な領域で矢印405の方向に自発分極が発生する。それに伴い、液晶分子がバナナ形状をしていることから、図2(c)に示すように、液晶分子305がベンド状に配向していく。その結果、液晶層全体で屈折率異方性を呈することとなる。

【0038】液晶分子の形が円錐形（又はくさび形）に近い場合は、図3に示すように自発分極が発生する。ここで、図3(a)に示すように、円錐形の液晶分子に於いて永久双極子モーメント1102と液晶分子305の長軸方向及び短軸方向が一致していないような液晶分子305を垂直配向させた場合について考える。

【0039】図3(b)に示すように電界が印加されていない場合、垂直配向処理を施した基板1103、11

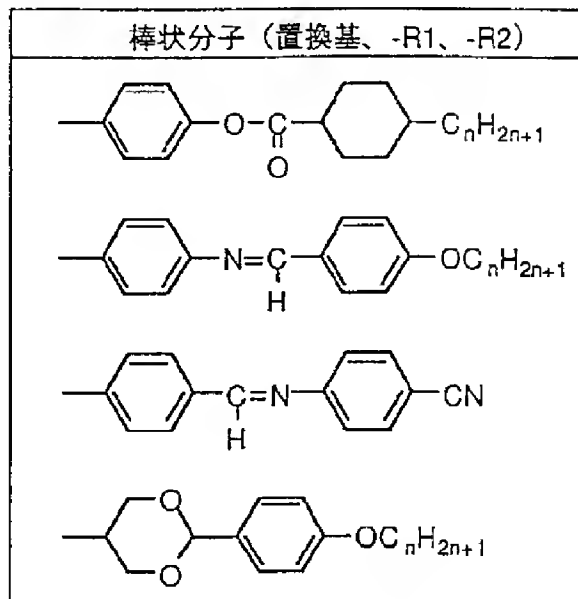
03にて挟まれた液晶分子305にはその長軸を軸として自由に回転出来るため、自発分極が発生しない。しかしながら、外部から図3(c)に示すような横電界1104が印加された場合、各液晶分子305の永久双極子モーメント1102が一定方向にそろい始め、最終的に図3(d)に示すようなベンド配向となる。その結果、液晶層全体として図3(d)に示すような自発分極を呈すると共に、基板表面に平行な面内で屈折率異方性を発生する。尚、図3(a)のような円錐形の液晶を用いる場合、円錐形の頂点、底面のいずれが基板表面に接するかによって、図3(d)～(g)に示す四種類の変形状態が考えられる。さらには、これら4種類の変形の混在状態となることもある。

【0040】以上の説明から、本発明においては、永久双極子モーメントの短軸方向の成分が零でない液晶材料を使用する。

【0041】本発明において、バナナ形の分子や円錐形（またはくさび形）の分子は、略棒状分子の2つ以上を結合することにより合成可能であり、そのうちの少なくとも1つとして下記表1に示すような液晶性を示すものを用いれば、バナナ形や円錐形の液晶分子を得ることができる。例えば、液晶性を示す略棒状分子として、下記構造式1に示すようなカルボキシル基を有するシッフ系化合物を用い、下記構造式2に示すようなアルコール基を有する化合物とエステル縮合反応させることにより、下記構造式3に示すようなバナナ形の液晶分子を得ることが可能である。また、同様にして、下記構造式10に示すような円錐形分子を得ることができる。

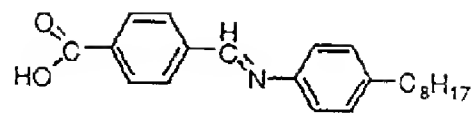
【0042】

【表1】

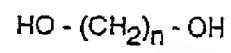


【0043】

【化1】

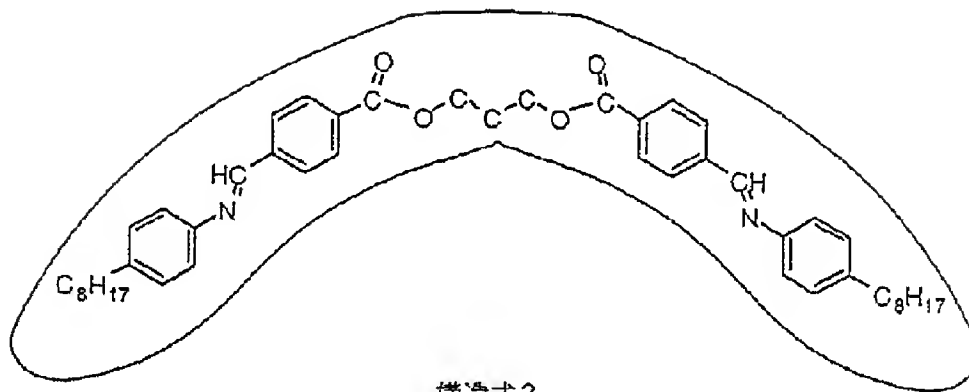


構造式1



$n$ は1以上の整数

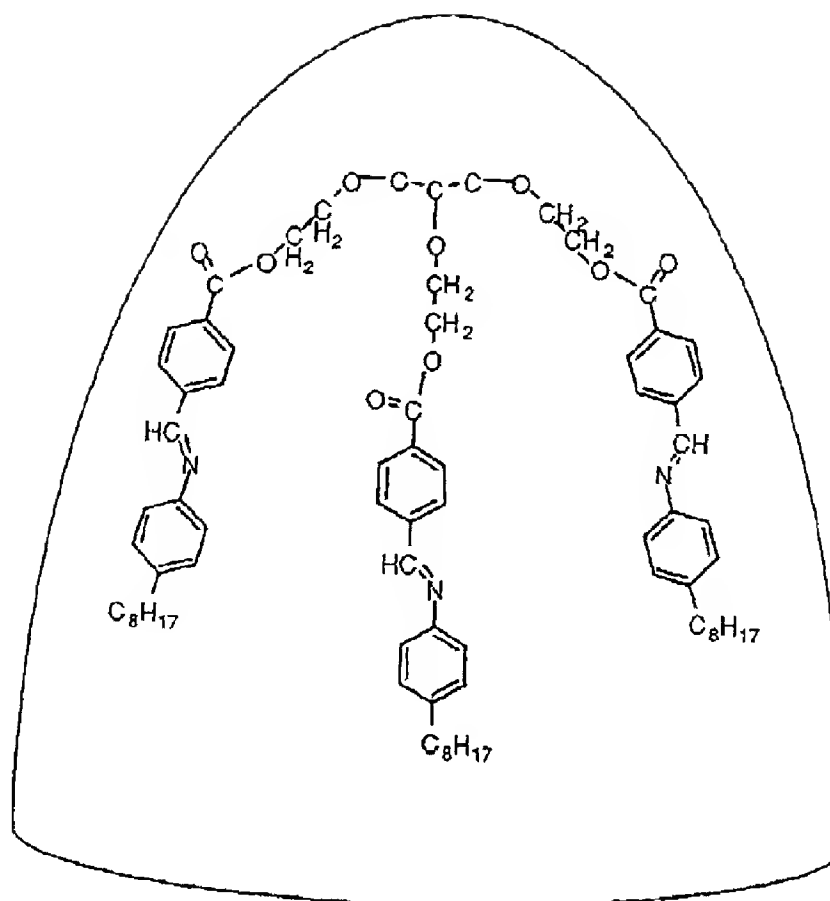
構造式2



構造式3

【0044】

【化2】



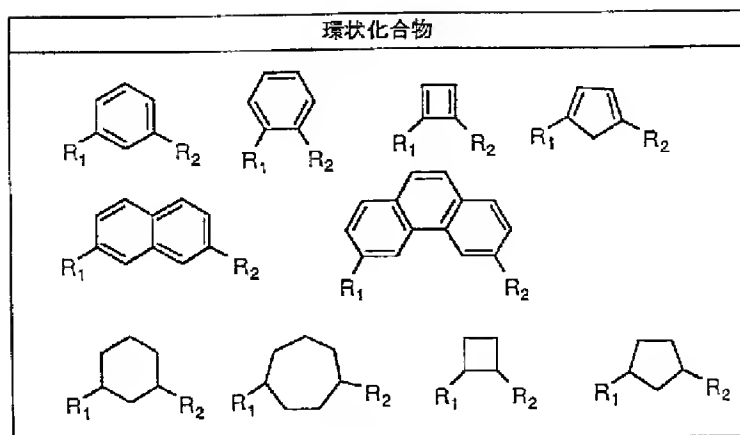
構造式10

【0045】また、これらのバナナ形や円錐形（またはくさび形）の分子は、略棒状分子の2つ以上を下記表2～4に示すような環状化合物や下記表5に示すような非直線型化合物の置換基 $R_1$ 、 $R_2$ として結合させることによっても合成可能である。ここで、略棒状分子は、少なくとも2つの略棒状分子の長軸方向が互いに交差するような置換位置に結合させる。この場合にも、略棒状分子のうちの少なくとも1つとして上記表1に示したような液晶性を示すものを用いれば、バナナ形や円錐形の液晶分子を得ることができる。例えば、液晶性を示す略棒状分子として、上記構造式1に示したカルボキシル基を有

するシッフ系化合物を用い、下記構造式5に示すようなアルコール基を有する環状化合物とエステル縮合反応させることにより、下記構造式6に示すようなバナナ形の液晶分子を得ることが可能であり、また、上記構造式1に類似の略棒状分子をエチレンの置換基として結合することにより、下記構造式8に示すようなバナナ形の液晶分子を得ることが可能である。また、同様にして、構造式11や構造式12に示すような円錐形分子を得ることができる。

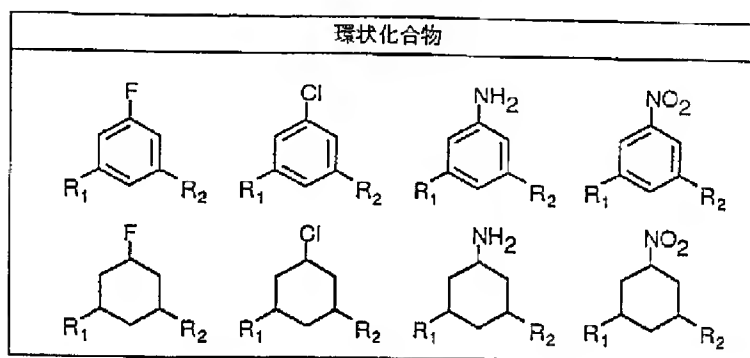
【0046】

【表2】



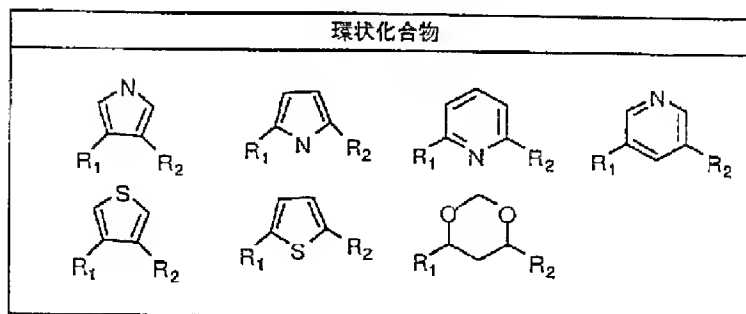
【0047】

【表3】



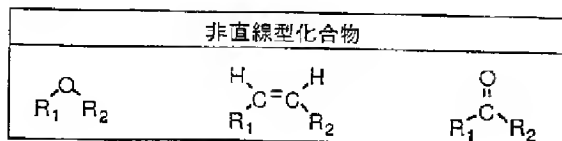
【0048】

【表4】



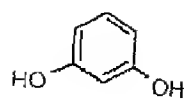
【0049】

【表5】

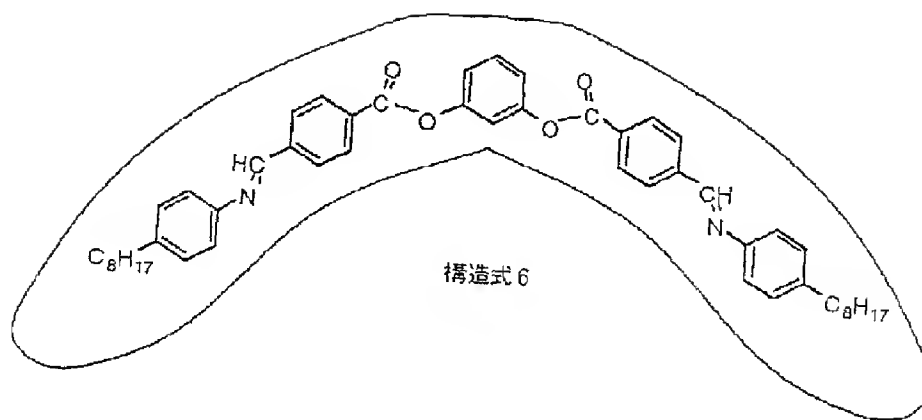


【0050】

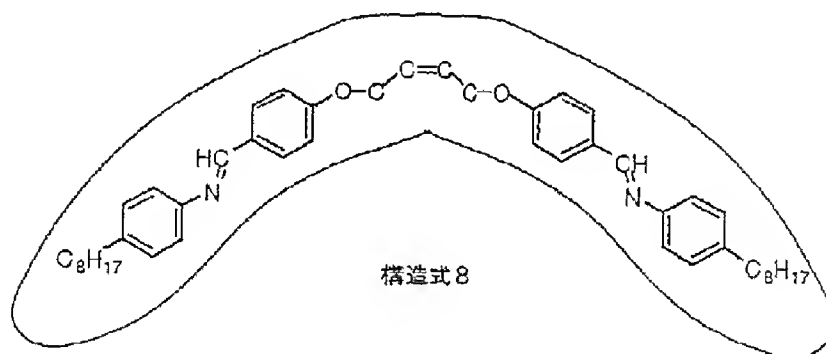
【化3】



構造式 5



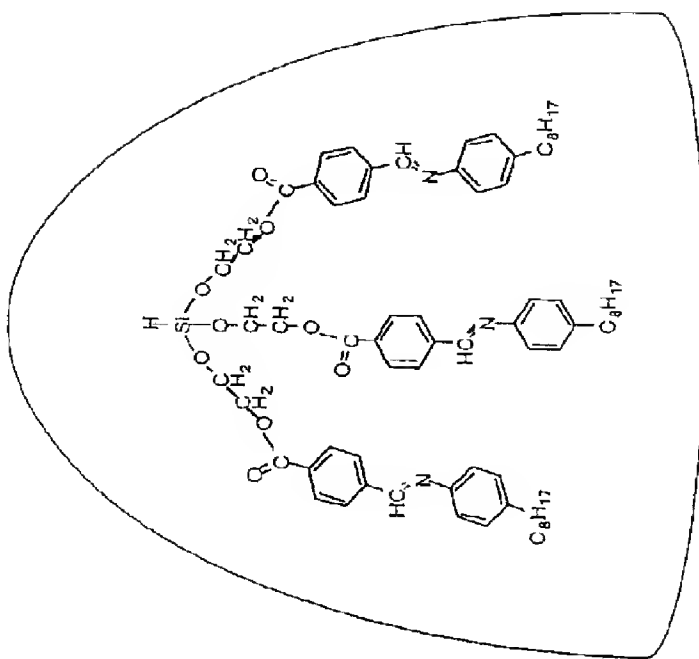
構造式 6



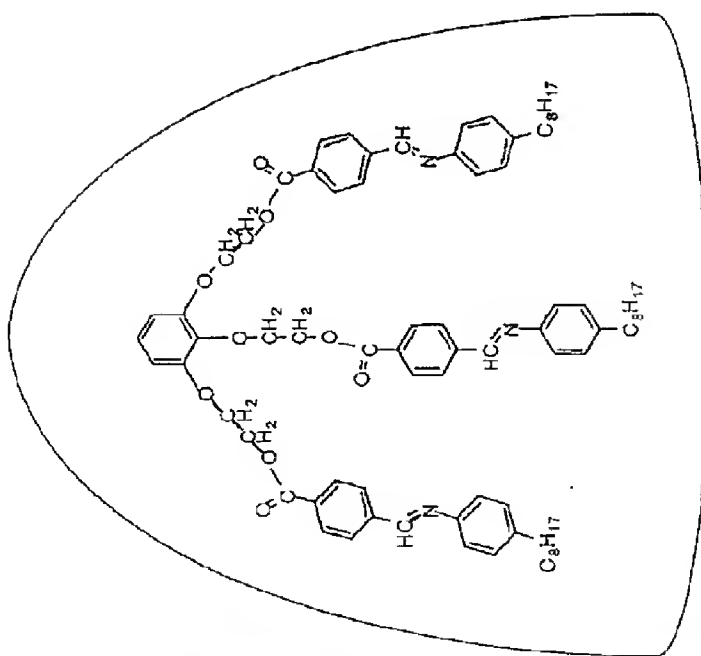
構造式 8

【0051】

【化4】



構造式12



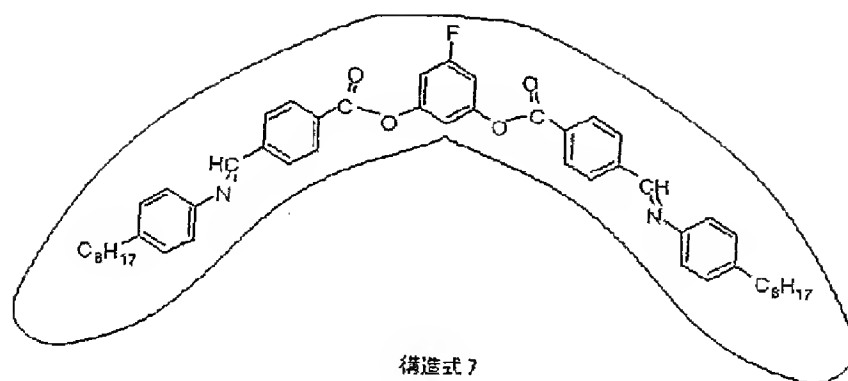
構造式11

【0052】特に、上記表3に示したような置換基を有する環状化合物や、上記表4に示したようなヘテロ環状化合物のように双極子モーメントを有する環状化合物を用いたり、上記表5のケトンのように双極子モーメントを有する非直線型化合物を用いると、得られるバナナ形分子や円錐形分子の永久双極子モーメントを大きくするこ

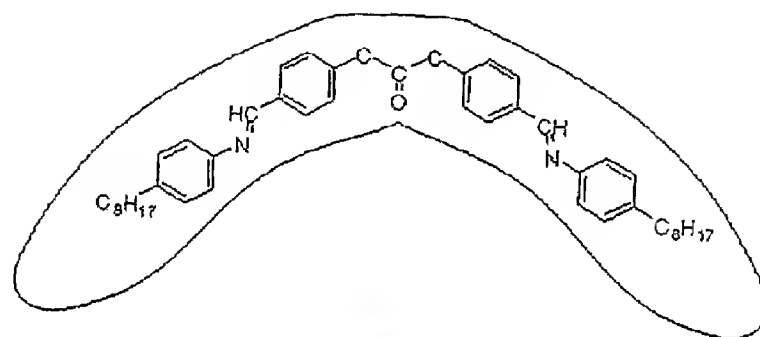
とができる。例えば下記構造式7や下記構造式9に示すようなバナナ形分子や、下記構造式13aや13bに示すような円錐形分子が挙げられる。

【0053】

【化5】



構造式 7

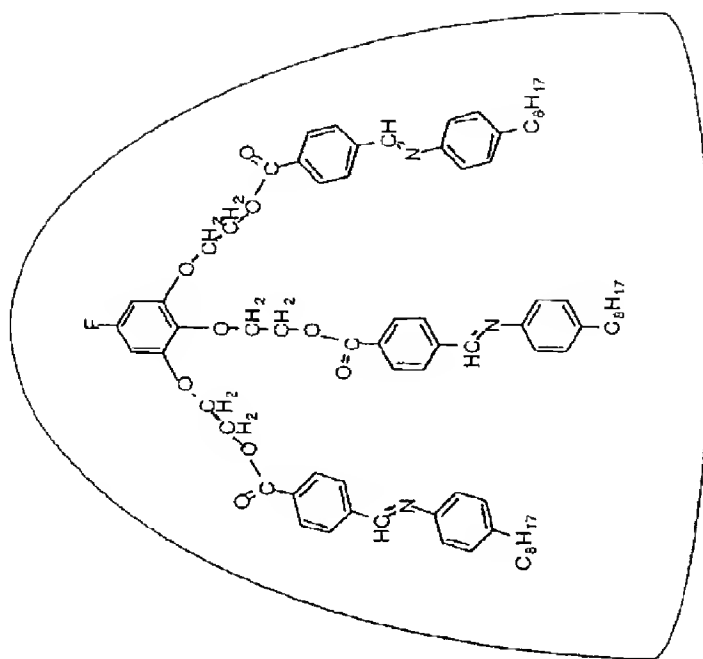


構造式 9

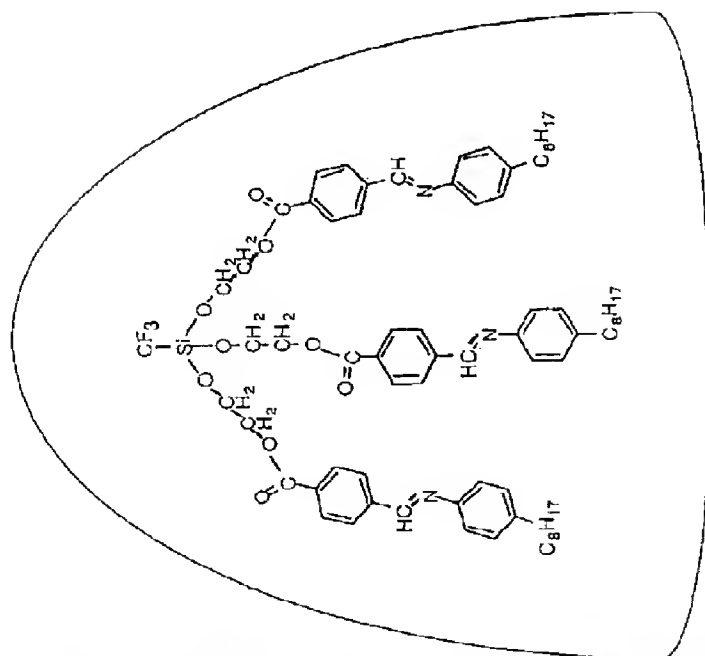
【0054】

【化6】





構造式13b



構造式13a

【0055】なお、バナナ形分子や円錐形分子において、液晶性を示す略棒状の基は、その2つまたは3つ以上が液晶性を示さない略棒状の基や環状化合物または非直線形化合物と結合されていてもよい。また、略棒状分子は少なくとも1つが液晶性を示すものであればよく、他のものは液晶性を示さないものであってもよい。

【0056】次に、本発明の液晶表示装置では高速応答の向上を図れる理由を説明する。

【0057】従来技術では、電界強度が増加する際には

液晶分子の誘電率異方性と電界が直接結合して液晶分子を動かしているが、電界強度が減少する際には液晶分子の運動は弾性体である液晶分子の復元力にのみ起因している。そのため、電界強度が増加する際の応答に比して減少する際の応答が著しく遅く、これが全体の応答速度を低下させている。

【0058】これに対して、本発明では電界強度が増加する場合、減少する場合のいずれの場合も、電界と自発分極が直接結合しているため、電界強度が減少する際の

応答速度と、電界が増加する際のそれが同程度となり、全体として応答速度が向上する。とりわけ電圧印加状態から無印加状態への応答速度の高速化が可能である。

【0059】次に、本発明の液晶表示装置に於ける第2の動作原理を説明する。

【0060】本発明では、横電界により液晶分子を長軸の周りに回転させ、これにより液晶パネルの液晶層に屈折率異方性を発現させ得る。これには、分子の長軸方向をZ軸としたXYZ座標系に於いて、XYZ全ての方向の屈折率が異なり、加えてXYZ全ての誘電率が異なる液晶材料を用いる。このことを、図4に基づいて説明する。

【0061】図4(a)は $n_z > n_x$ 、 $n_z > n_y$ 、 $n_x = n_y$ の液晶材料に横電界が印加された場合の図、図4(b)は $n_z > n_x$ 、 $n_z > n_y$ 、 $n_x \neq n_y$ 及び $\epsilon_z < \epsilon_x$ 、 $\epsilon_z < \epsilon_y$ 、 $\epsilon_x \neq \epsilon_y$ の液晶材料で横電界が印加されていない場合の図、図4(c)は $n_z > n_x$ 、 $n_z > n_y$ 、 $n_x \neq n_y$ 及び $\epsilon_z < \epsilon_x$ 、 $\epsilon_z < \epsilon_y$ 、 $\epsilon_x \neq \epsilon_y$ の液晶材料で横電界が印加された場合の図である。

【0062】通常のn型ネマティック液晶は、図4

(a)に示すように屈折率のXY成分は等しいため、横電界の有無にかかわらず基板に平行な面、即ちxy平面で屈折率異方性を呈することはない。これに対して、本発明の場合、図4(b)および(c)に示すような、XYZ全ての方向の屈折率が異なり、加えてXYZ全ての誘電率が異なる液晶材料を用いるので、図4(c)に示すように横電界がXY面内の誘電率異方性に作用し、液晶分子はZ軸を軸として回転する。但し、図4(b)の場合のように、横電界を印加しないときは、屈折率異方性は発生しない。

【0063】したがって、XYZ全ての方向の屈折率が異なり、加えてXYZ全ての誘電率が異なる液晶材料を使用し、この液晶材料に横電界を付与すると、それに伴ってXY面内に屈折率異方性が発生し、横電界の大きさに応じて液晶表示装置全体で光の透過率を変化させることができる。この場合、TN等の動作モードに比して液晶分子の運動量が少ないため、高速応答が可能である。なお、図5は、横電界を付与すると、それに伴ってXY面内に屈折率異方性が発生する、本発明において用いる液晶材料の一例を示す構造図である。図5(a)および(b)は、共に、 $n_z > n_x$ 、 $n_z > n_y$ 、 $n_x \neq n_y$ の条件を満たす液晶材料である。

【0064】さらに、第二の動作原理を可能にする今一つの液晶材料として、永久双極子モーメントのX成分あるいはY成分、またはXY両成分が零でなく、かつ屈折率のX成分、Y成分、Z成分の異なる液晶材料を用いることができる。この場合、横電界が永久双極子モーメントに作用し、液晶分子がZ軸を軸として回転し、XY面内の屈折率異方性を発生する。

【0065】次に、本発明の液晶表示装置では、上述の電気光学特性を任意の静止画及び動画の表示に用いることが可能である。その理由を以下に説明する。

【0066】本発明と同様の構成、即ちn型ネマティック液晶+垂直配向膜+横電界印加電極+偏光板を備えた構成の液晶表示装置が知られている(USP3,687,515)。しかしながら、この技術は、セグメント表示に限定された技術であり、任意の静止画像あるいは動画を高精細表示することが出来ない点で問題がある。換言すると、この技術では、一つのパネル内に独立に光の透過率を変化出来る複数の領域(画素)を設定するために、独立に駆動可能な複数の電極を設け、各電極にパネル外部から電圧を導入するための導線を電極の数だけ設けている。このような構成で精細な画像を表示することは困難である。なぜなら、画像の精細度を向上させるためには、独立に駆動可能な電極の数を増やさなければならず、従来技術では増加した電極の数だけ導線が増加するため、パネル内での導線の配置、及びパネル外部の駆動回路との接続端子等が増大するからである。

【0067】これに対して、本発明ではマトリクス駆動法を用いる。マトリクス駆動法とは複数の電極をその数よりも少ない導線により独立に駆動する方式である。この場合、一部の電極と導線トランジスタ等の能動素子を介して接続しても良い。また、電極と導線の間に放電等の方法により電気伝導率を変化出来る気体層を介して接続しても良い。

【0068】なお、USP3,687,515の技術では、その目的である光透過率の変化を発現する機構に関して言及しておらず、パネル構造に用いるn型ネマティック液晶材料の選定が困難な上、使用する材料によっては駆動電圧の高電圧化、応答速度の低下等の問題を生じていたが、本発明では特定のn型ネマティック液晶材料、すなわち第1の動作原理では自発分極を発生し得る液晶材料、第2の動作原理では $n_z > n_x$ 、 $n_z > n_y$ 、 $n_x \neq n_y$ の条件を満たす液晶材料を使用するか、または、これに加えて $\epsilon_z < \epsilon_x$ 、 $\epsilon_z < \epsilon_y$ 、 $\epsilon_x \neq \epsilon_y$ の条件を満たすもの、あるいは双極子モーメントの基板表面に平行な面内(xy面内)の成分が0でないものを使用する故にそのような問題が起こらない。

【0069】

【実施例】

(実施例1) 図6は、本発明に係る液晶表示装置を示す概略図(平面図)であり、図7はその1画素部分を示す平面図、図8は図7のA-A'線による断面図である。

【0070】この液晶表示装置は、一対の基板501と502との間にn型ネマティック液晶510が封入されており、液晶510はバナナ形の液晶分子、または円錐形の液晶分子からなる液晶材料が用いられている。

【0071】下側の基板502の液晶510側には、ゲート電極503aを分岐して有する走査線503が配線

され、その上に絶縁膜511が形成されている。この絶縁膜511のゲート電極503a上には半導体層512が形成され、半導体層512の上で分離されてソース電極514およびドレイン電極515が形成されている。以上により薄膜トランジスタ素子601が構成されている。

【0072】上記ソース電極514は、信号線504から分岐した部分である。ドレイン電極515は、一対の電極603、604のうちの一方の電極603が接続されている。他方の電極604は、前記絶縁膜511の上に形成され、両電極603と604とが対向する部分で、前記液晶510に横電界を付与して液晶510を駆動する画素表示部605が構成されている。他方の電極604は、絶縁膜511の上に形成された共通線505に接続されており、また、前記信号線504も、絶縁膜511の上に形成されている。この状態の基板の上には、絶縁膜516が形成され、その絶縁膜516の上には配向制御膜517が形成されている。更に、基板502の液晶510とは反対側には、偏光板518が設けられている。このように構成されたアクティブマトリクス基板とは液晶510を挟んで反対側の基板501には、液晶510とは反対側に偏光板521が設けられており、液晶510側には前記画素表示部605と対向してカラーフィルタ607が形成され、カラーフィルタ607の上には平坦化膜522が形成されている。この平坦化膜522の上には配向制御膜523が形成され、この配向制御膜523と前記配向制御膜517とは液晶510の液晶分子を垂直配向させる配向処理が施されている。

【0073】両基板の間は、前記画素表示部605を構成する一対の電極603と604の対向部分は突起状態に形成され、その突起部分603a、604aが基板520に設けた配向制御膜523と接触し、固着している。この突起部分はセルギャップを調整するためのスペーサーとしての機能を有する。また、両基板に達するように電極603、604の突起部分603a、604aを設けた場合は、それより低い場合や突起部分が無い電極の場合よりも、駆動できる液晶厚み部分を増大させ得る。但し、それより低い場合や突起部分が無い電極を用いてもよい。この場合は作製コストを低廉化できる。

【0074】このように構成された液晶表示装置の信号線504には信号駆動回路507から映像信号が与えられ、走査線503には走査駆動回路508から走査信号が与えられる。また、共通線505には共通電圧発生回路509から共通電圧が与えられる。

【0075】なお、本実施例の液晶表示装置は、従来の典型的な作製法により作製しており、薄膜トランジスタ素子601によるマトリクス駆動が可能なものである。また、カラーフィルタ607を有する画素表示部605の対角線が12インチで、画素表示部605は640×400×3個の画素で構成され、セルギャップは5μmである。画素表示部605を構成する一対の電極603と604の突起部分603aと604aとは、図9に示すように、基板表面に沿った長さが共に300μm、その幅が共に10μmとなっており、両突起部分603aと604aとの外側の辺の間の距離が100μm程度となっている。また、画素ピッチとしては、136μm程度となっている。

【0076】図10は、液晶510に、典型的なn型ネマティック液晶材料であるバナナ形液晶分子の液晶MBBAを用いた場合において、液晶表示装置の全ての画素表示部に同一電圧を印加して電圧透過率特性を測定した結果を示す図である。

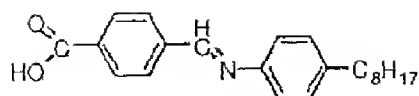
【0077】この図10より理解されるように、本実施例の液晶表示装置は、低い電圧でも透過率を十分に高くすることが出来た。

【0078】次に、この液晶表示装置に、典型的な液晶表示素子用の駆動回路として、信号駆動回路507、走査駆動回路508および共通電圧発生回路509を接続し、静止画像及び動画を表示したところ、コントラストの高い画像を表示することが可能となった。

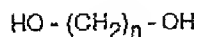
【0079】（実施例2）液晶性を有する略棒状分子として下記構造式1に示すカルボキシル基を有するシッフ系化合物を用い、下記構造式2に示すアルコール基を有する化合物とエステル縮合反応により結合させた。構造式2中のn=3の場合には安定構造が下記構造式3に示すようなバナナ形であり、n=2の場合には安定構造が下記構造式4に示すような略直線形であった。

【0080】

【化7】

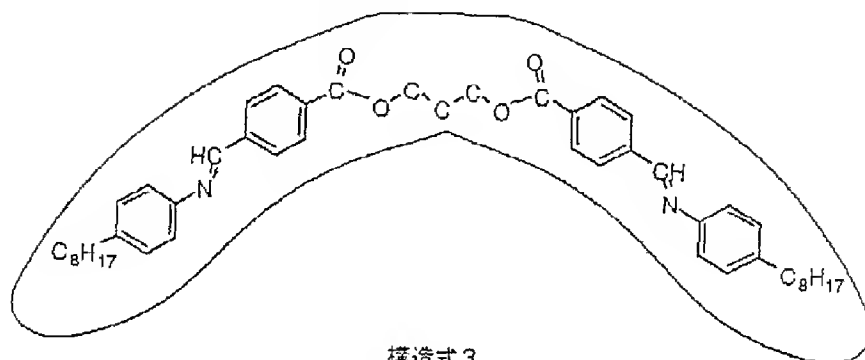


構造式 1

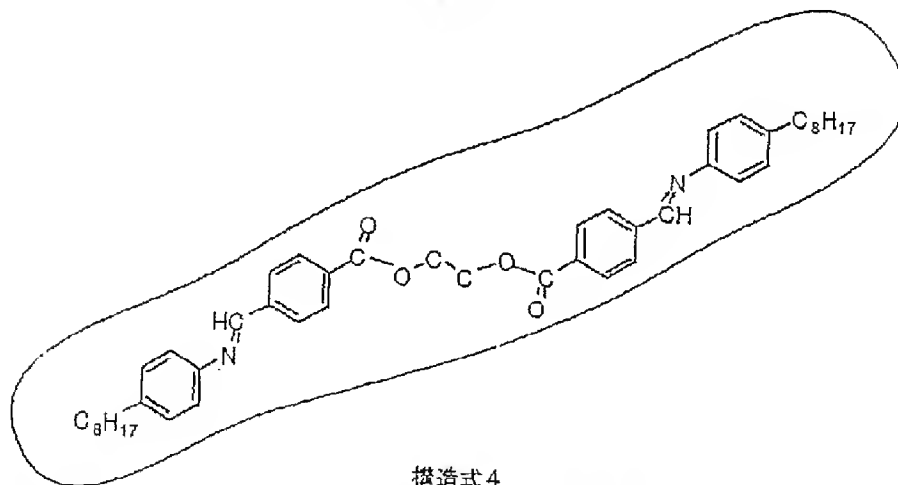


$n$ は1以上の整数

構造式 2



構造式 3



構造式 4

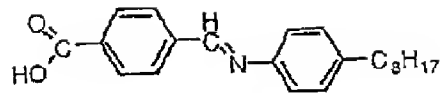
【0081】上記構造式3のバナナ形分子を用いて実施例1と同様の液晶表示装置を作製したところ、低い電圧でも透過率を十分に高くできるので開口率を向上することができ、また、静止画像および動画表示においてコントラストの高い画像が得られた。これに対して、上記構造式4の略直線形の化合物を用いた場合にはこのような効果が得られなかった。

【0082】（実施例3）液晶性を有する略棒状分子と

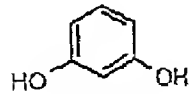
して下記構造式1に示すカルボキシル基を有するシッフ系化合物を用い、下記構造式5に示すベンゼン環に2つのアルコール基を有する化合物であるジヒドロキシベンゼンとエステル縮合反応により結合させることにより、下記構造式6に示すようなバナナ形の分子を得た。

【0083】

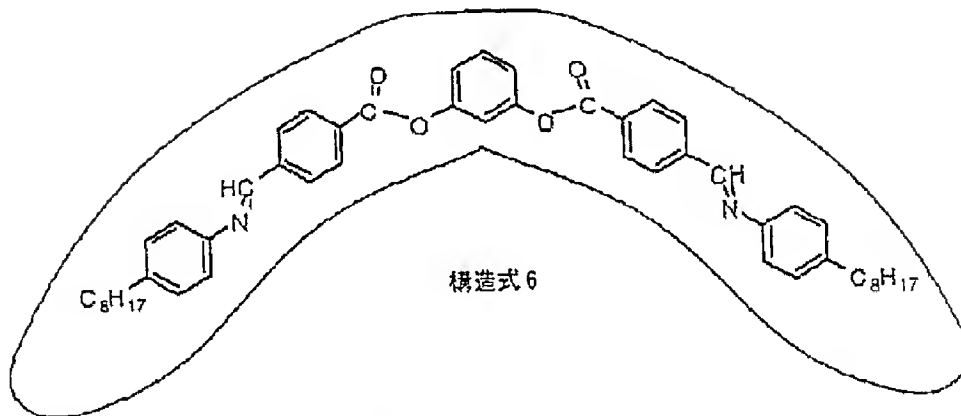
【化8】



構造式 1



構造式 5



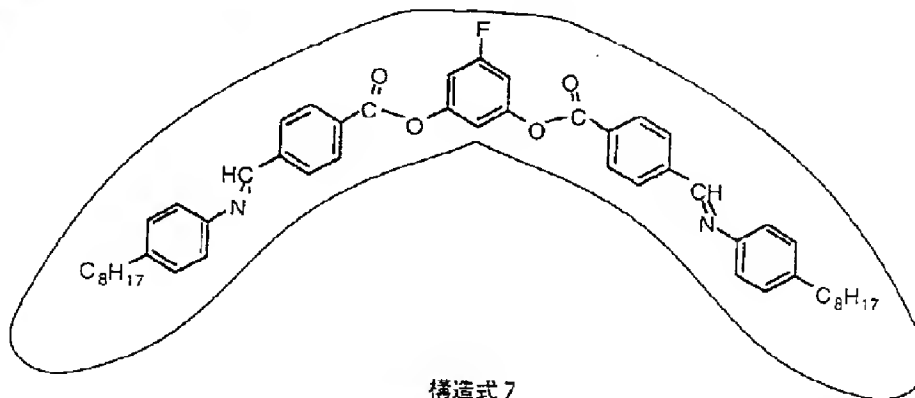
構造式 6

【0084】上記構造式6のバナナ形分子を用いて実施例1と同様の液晶表示装置を作製したところ、開口率を向上すると共にコントラストの高い画像が得られた。また、上記構造式5に示したジヒドロキシベンゼンの代わりに、上記表2に示したような環状化合物を用いても同様な効果が得られた。

【0085】（実施例4）上記構造式5に示したジヒドロキシベンゼンの代わりにフッ素置換されたベンゼン環を用いることにより、下記構造式7に示すようなバナナ形の分子を得た。

【0086】

【化9】



構造式 7

【0087】上記構造式7の分子においては、上記構造式6の分子に比べて大きな永久双極子モーメントを有していた。その理由について、図11および図12を用いて以下に説明する。

【0088】図11(a)は上記構造式6の分子形状の概略および各棒状分子の双極子モーメントを示す図であり、図11(b)はその双極子モーメントの総和、即ち、構造式6の液晶分子が有する永久双極子モーメント

を示す図である。また、図12(a)は上記構造式7の分子形状の概略および各棒状分子の双極子モーメントを示す図であり、図12(b)は構造式7の液晶分子が有する永久双極子モーメントを示す図である。

【0089】構造式7の液晶分子は構造式6の液晶分子のベンゼン環にフッ素置換基を導入したものであり、図11と図12との違いはバナナ形分子の中央部にフッ素置換基に由来する双極子モーメントがあるかないかというものである。図11および図12から明らかなように、構造式6および構造式7の液晶分子が有する双極子モーメントの総和、すなわち液晶分子の永久双極子モーメントは、構造式7の方が大きくなる。

【0090】このように上記構造式6に比べて永久双極子モーメントが大きい上記構造式7のバナナ形分子を用いて実施例1と同様の液晶表示装置を作製したところ、上記構造式6のバナナ型分子を用いた場合よりも応答速度の高速化を図ることができると共に、低い電圧でも透過率を十分に高くできるので開口率を向上することがで

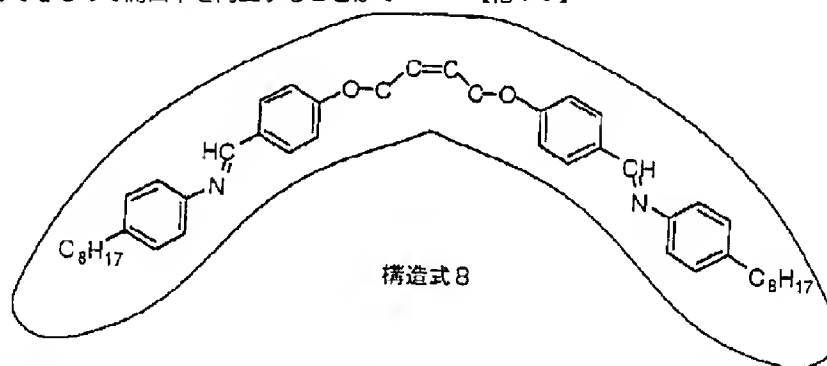
き、しかも高コントラストの画像を得ることができた。また、これにより、駆動回路の設計がしやすくなり、消費電力を小さくすることができた。

【0091】また、フッ素置換されたベンゼンの代わりに、上記表3に示したような置換基を有する環状化合物や上記表4に示したような環状化合物を用いても同様に永久双極子モーメントを増大させる効果が得られ、液晶表示装置の高開口率化、高コントラスト化、駆動電圧の低減や応答速度の高速化を図ることができた。

【0092】(実施例5)液晶性を有する略棒状分子として上記構造式1と類似の略棒状分子を用い、エチレン基を介して結合させた。エチレン基に対して2つの棒状分子がシス構造になるように合成した場合には下記構造式8に示すようなバナナ形の分子が得られ、エチレン基に対して2つの棒状分子がトランス構造になるように合成した場合には略直線形の分子が得られた。

【0093】

【化10】



【0094】上記構造式8のバナナ形分子を用いて実施例1と同様の液晶表示装置を作製したところ、低い電圧でも透過率を十分に高くできるので開口率を向上することができ、また、静止画像および動画表示においてコントラストの高い画像が得られた。これに対して、略直線形の化合物を用いた場合にはこのような効果が得られなかった。

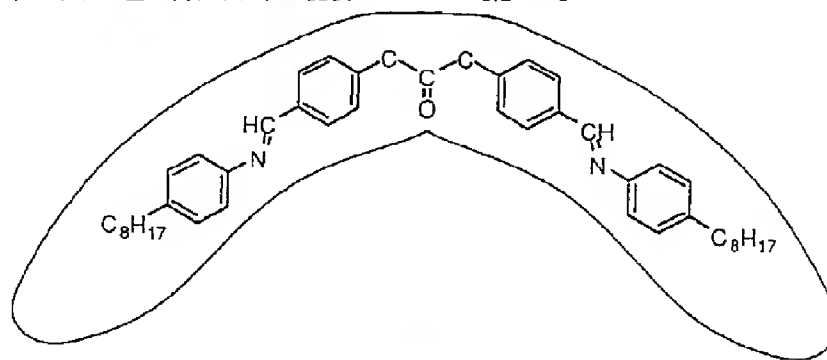
【0095】また、エチレン基の代わりに、上記表5に

示したようなエーテル基を用いても同様に、液晶表示装置の高開口率化および高コントラスト化を図ることができた。

【0096】(実施例6)エチレン基の代わりに、上記表5に示したようなケトン基を用いることにより、下記構造式9に示すようなバナナ形の分子を得た。

【0097】

【化11】



構造式9

【0098】上記構造式9の分子においては、上記構造

式8の分子に比べて大きな永久双極子モーメントを有し

ており、このバナナ形分子を用いて実施例 1 と同様の液晶表示装置を作製したところ、上記構造式 8 のバナナ型分子を用いた場合よりも応答速度の高速化を図ることができると共に、低い電圧でも透過率を十分に高くできるので開口率を向上することができ、しかも高コントラストの画像を得ることができた。

#### 【0099】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明による場合には、開口率を向上でき、かつ、コントラストを高くすることができる、横電界により駆動される液晶表示装置を提供することが可能となった。

【0100】また、本発明による場合には、少なくとも 1 つが液晶性を示す略棒状分子の 2 つ以上を結合させ、または、少なくとも 1 つが液晶性を示す略棒状分子の 2 つ以上を環状化合物や非直線化合物の置換基として結合させることにより、バナナ形液晶分子または円錐形液晶分子（くさび形液晶分子）を得ることができた。よって、本発明の液晶表示装置に適した、充分な永久双極子モーメントを有するバナナ形液晶分子または円錐形液晶分子を得ることができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の液晶表示装置に於ける第一の動作原理を説明する図である。

【図 2】本発明において、バナナ形の液晶分子に於ける自発分極の発現を説明する図である。

【図 3】本発明において、円錐形の液晶分子に於ける自発分極の発現を説明する図である。

【図 4】本発明において、横電界により液晶分子を長軸の周りに回転させ、これにより液晶パネルの液晶層に屈折率異方性を発現させ得るのに好ましい液晶材料を説明するための図である。

【図 5】本発明の液晶材料に用いるのに好適なものの構造を示す図である。

【図 6】本発明の実施例の液晶表示装置の概略図である。

【図 7】図 6 の液晶表示装置における 1 画素部分を示す平面図である。

【図 8】図 7 の A-A' 線による断面図である。

【図 9】図 6 の液晶表示装置における一対の電極部分の寸法を説明する図である。

【図 10】図 6 の液晶表示装置の液晶に、典型的な n 型ネマティック液晶材料である MBB A を用いた場合において、液晶表示装置の全ての画素表示部に同一電圧を印加して電圧透過率特性を測定した結果を示す図である。

【図 11】構造式 6 のバナナ形分子について、双極子モーメントを示す図である。

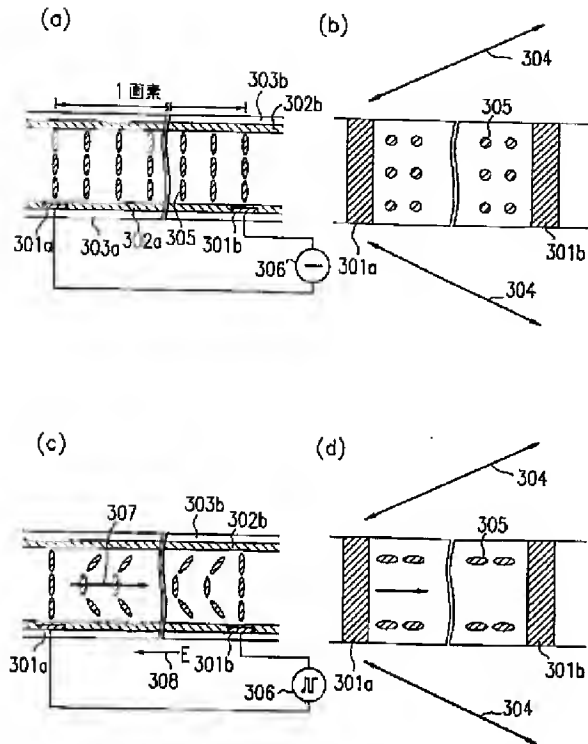
【図 12】構造式 7 のバナナ形分子について、双極子モーメントを示す図である。

【図 13】従来技術の液晶表示装置の構成を示す図である。

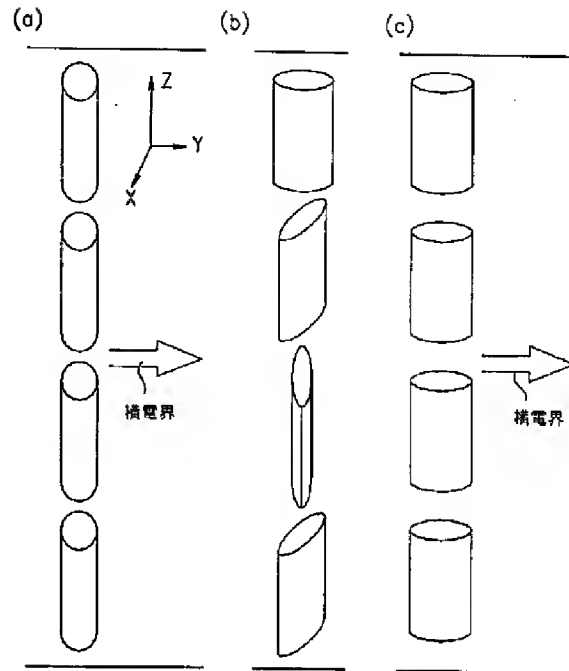
#### 【符号の説明】

301a、301b 電極  
302a、302b 配向制御膜  
303a、303b 基板  
304 偏光板の吸収軸の方向  
305 液晶分子  
306 電源  
308 横電界の方向  
402 永久双極子モーメント  
403、404 基板  
405 自発分極の方向  
501、502 基板  
503a ゲート電極  
503 走査線  
510 n 型ネマティック液晶  
511 絶縁膜  
512 半導体層  
514 ソース電極  
515 ドレイン電極  
504 信号線  
505 コモン線  
507 信号駆動回路  
508 走査駆動回路  
509 コモン電圧発生回路  
516 絶縁膜  
517 配向制御膜  
518 偏光板  
521 偏光板  
522 平坦化膜  
523 配向制御膜  
601 薄膜トランジスタ素子  
603、604 電極  
603a、604a 突起部分  
605 画素表示部  
607 カラーフィルター  
1102 永久双極子モーメント  
1103 基板  
1104 横電界

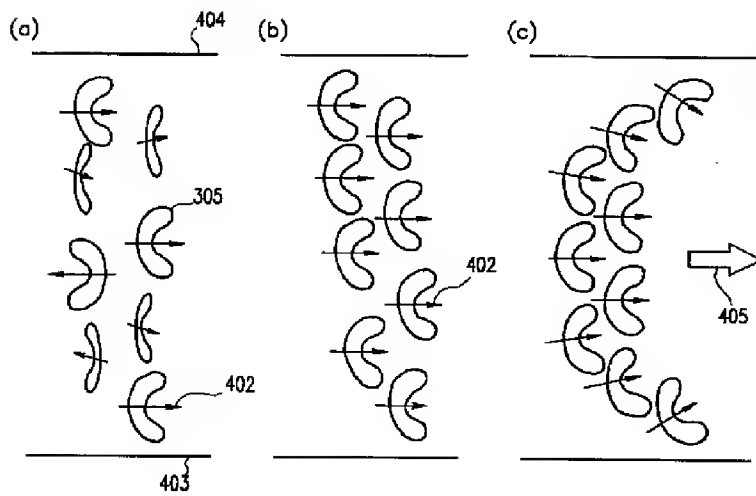
【図1】



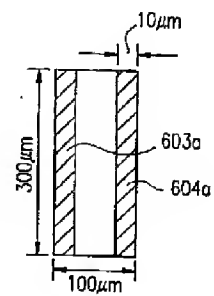
【図4】



【図2】

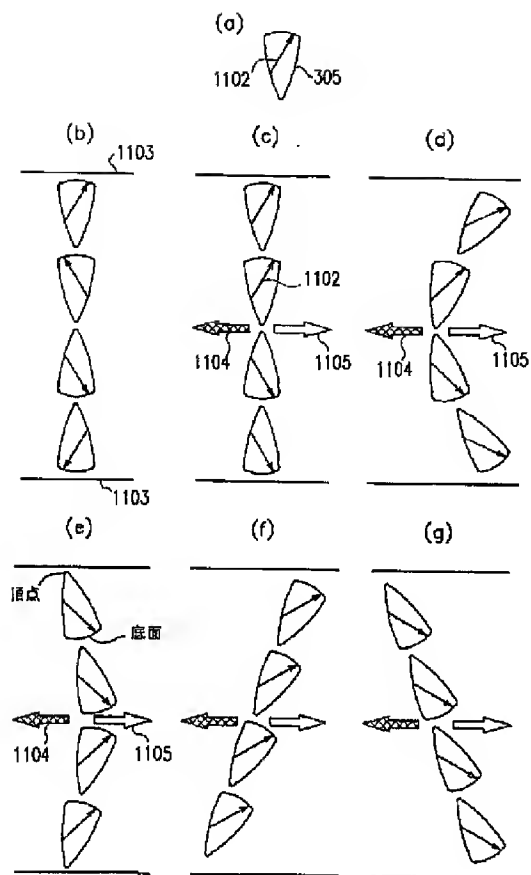


【図9】

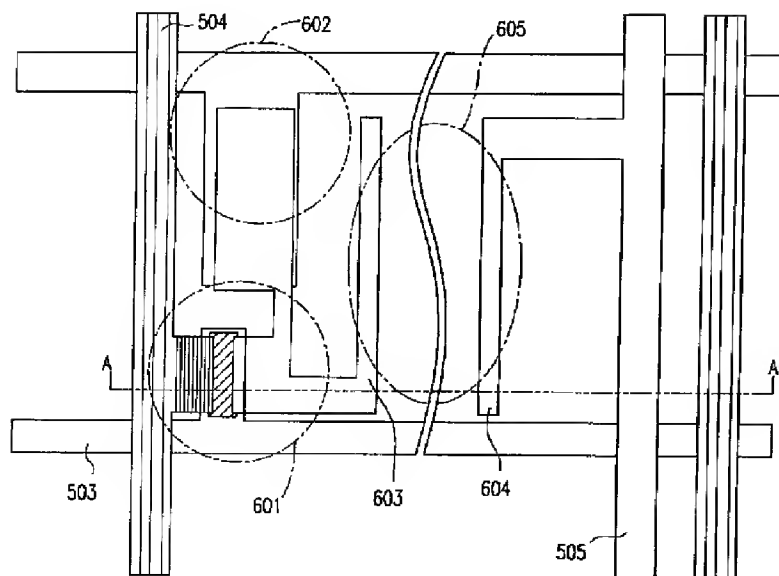




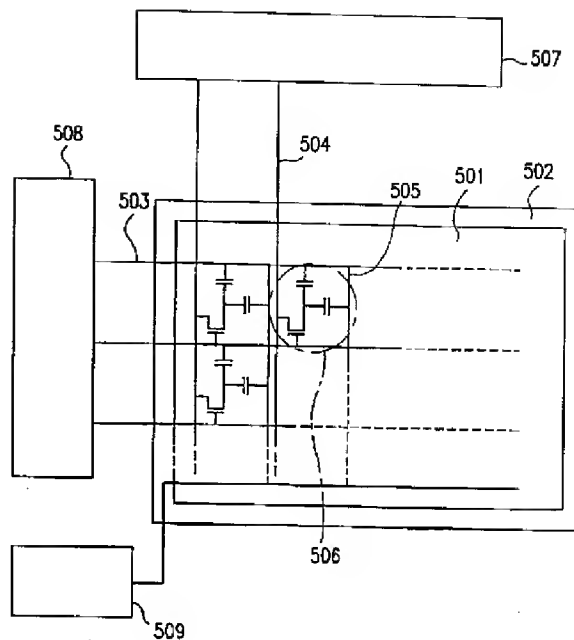
【図3】



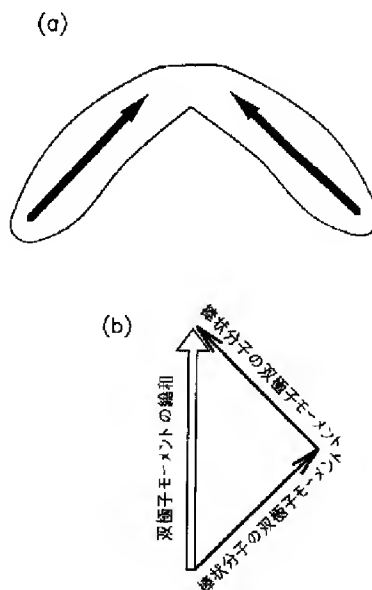
【図7】



【図6】

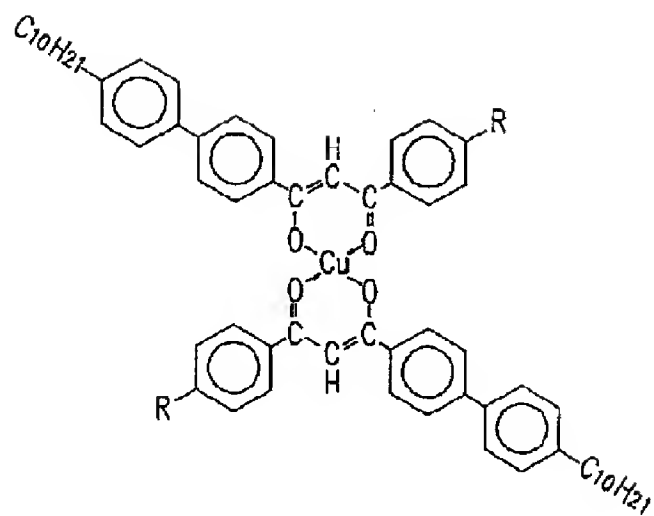


【図11】

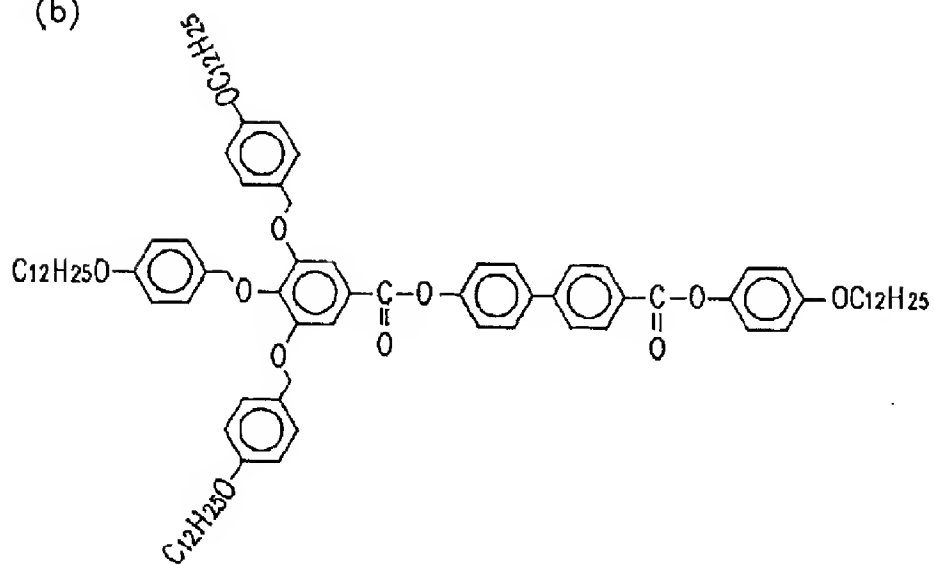


【図5】

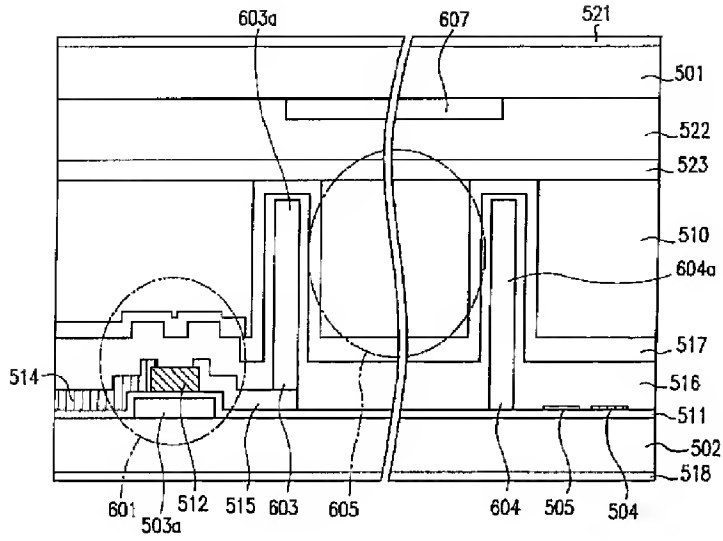
(a)



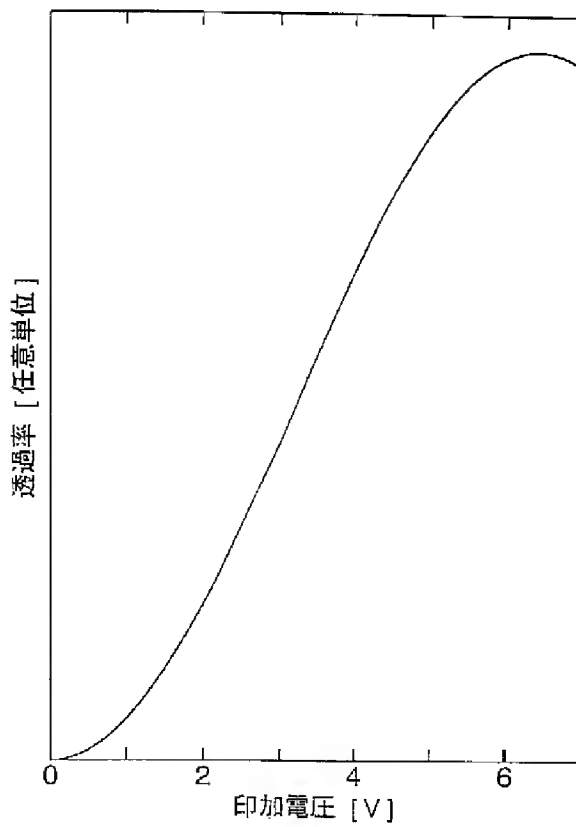
(b)



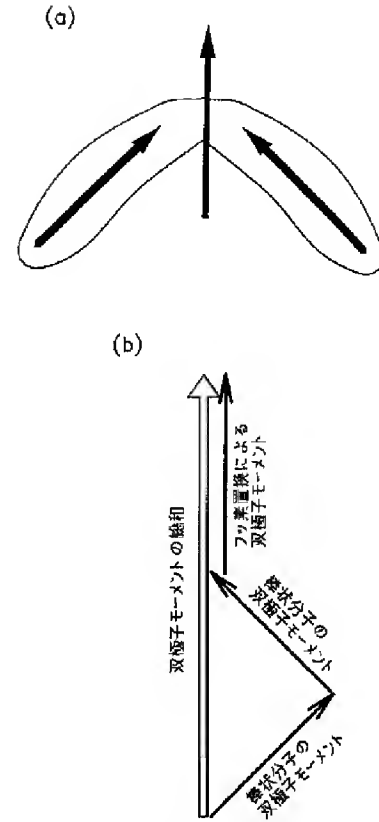
【図8】



【図10】



【図12】



【図13】

